

2014

Instituto Politécnico de Coimbra

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE COIMBRA

# **Automação do Projeto Mecânico**

**MESTRADO EM EQUIPAMENTOS E SISTEMAS MECÂNICOS**

**AUTOR | Marco Wilson Simões Dias**

**ORIENTADOR | Prof. Doutor Luís Filipe Pires Borrego**

Coimbra, dezembro 2014



## **Automação do Projeto Mecânico**

Relatório de estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em  
Equipamentos e Sistemas Mecânicos

**Autor**

**Marco Wilson Simões Dias**

**Orientador**

**Doutor Luís Filipe Pires Borrego, Professor Coordenador, ISEC**  
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra



*Um agradecimento especial ao Doutor Luís Filipe Pires Borrego pela oportunidade que me concedeu, pelos ensinamentos que me transmitiu, e pelo tempo disponibilizado para a realização deste relatório.*

*Agradeço de forma muito aos meus pais e irmão, que nunca, em momento algum da minha vida, me deixaram de apoiar.*

*Agradeço profundamente à minha namorada e amiga. Sem ti, também não estaria aqui. Obrigada pela tua compreensão, paciência, pelos teus encorajamentos e por estares sempre presente, muito, muito obrigado.*



## RESUMO

No âmbito do Mestrado em Equipamentos e Sistemas Mecânicos (MESM), área de especialização de Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos, do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, foi realizado um estágio na empresa Solintellysys Lda. durante o ano letivo de 2013/2014.

O estágio teve como principal objetivo a criação de um configurador para Tuneis de tratamento de superfície.

O crescente número de encomendas incentivou a empresa a procurar novas formas de modernização do projeto e da fabricação. Assim a aquisição de um sistema CAD 3D paramétrico tornou-se essencial. Os sistemas CAD (Computer-Aided Design) tridimensionais paramétricos têm um papel cada vez mais destacado no desenvolvimento de equipamentos, uma vez que podem ser adaptados a qualquer tipo de sistema CAD 3D paramétrico com um custo relativamente baixo.

Os resultados alcançados através da metodologia desenvolvida correspondem aos objetivos inicialmente estabelecidos, atestando a sua viabilidade para a criação de projetos e um ganho de produtividade significativo.

**Palavras-chave:** Sistemas CAD, Parametrização, Sketch, Feature.





## **ABSTRACT**

Under the Master in Mechanical Systems and Equipment (MESM), area of the expertise of Construction and Maintenance of Mechanical Equipments, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, an internship was performed at the company Solintellysys Lda. during the school year 2013/2014.

The stage was aimed at creating a configurator for a Tunnel of surface treatment.

The increasing number of orders has encouraged the company to seek new ways to modernize the design and manufacturing. Thus the acquisition of a parametric 3D CAD system has become essential. The parametric three-dimensional CAD system (computer-aided design) have an ever more prominent in the development of equipments, since it can be adapted to any type of parametric 3D CAD system with a relatively low cost.

The results achieved through the methodology corresponded to the objectives initially set, attesting to its viability for creating projects and a significant gain in productivity.

Keywords: CAD systems, parameterization.



## Índice

|  |    |
|--|----|
| Capítulo 1 .....   | 1  |
| 1. Introdução.....   | 1  |
| 1.1. Âmbito do estágio.....  | 1  |
| 1.2. Estrutura do relatório .....  | 1  |
| 1.3. Plano de trabalho .....   | 2  |
| 1.4. Apresentação da empresa .....   | 3  |
| Capítulo 2 .....   | 9  |
| 2. PROJETOS REALIZADOS .....   | 9  |
| 2.1. Estrutura para ventilador .....   | 9  |
| 2.2. Máquina para lavar e secar tambores .....   | 12 |
| Capítulo 3 .....   | 17 |
| 3. LINHA DE PINTURA ELECTROESTÁTICA .....  | 17 |
| 3.1. Conceitos teóricos .....  | 17 |
| 3.2. Principais características de um TTS.....   | 22 |
| Capítulo 4 .....   | 25 |
| 4. SOFTWARE CAD 3D PARAMÉTRICO - METODOLOGIAS.....   | 25 |
| 4.1. Estado da arte.....   | 25 |
| 4.2. Parametização.....  | 28 |
| 4.2.1. Definição dos requisitos gerais do sistema.....                                       | 29 |
| 4.2.2. Metodologia de projeto.....   | 31 |
| 4.2.3. Software.....   | 32 |
| 4.2.4. Recolha de informação .....   | 34 |
| 4.3. Parâmetros necessários para a parametização .....                                       | 35 |
| 4.3.1. Criação de uma folha de cálculo contendo dimensões normalizadas e alguns pré-cálculos |    |
| 37   |    |
| 4.3.2. Modelagem 3D / Criação de sub-montagens.....  | 37 |
| 4.3.3. Criação da lista de peças.....  | 38 |
| 4.3.4. Criação de desenhos 2D .....  | 38 |
| 4.4. Validação da metodologia .....  | 38 |
| Capítulo 5 .....   | 41 |
| 5. Resultados.....   | 41 |
| 5.1. Questão i) .....  | 41 |

---

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 5.2. Questão ii) .....              | 42 |
| 5.3. Questão iii).....              | 44 |
| 5.4. Modelagem 3D .....             | 44 |
| 5.5. Desempenho do sistema .....    | 56 |
| Capítulo 6 .....                    | 59 |
| 6. Discussões .....                 | 59 |
| 6.1. Análise global.....            | 59 |
| 6.2. Problemas.....                 | 60 |
| 6.3. Aspectos de melhoria.....      | 61 |
| Capítulo 7 .....                    | 63 |
| 7. Conclusão .....                  | 63 |
| Capítulo 8 .....                    | 65 |
| 8. Referências bibliográficas ..... | 65 |

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Plano de trabalho.....  | 2  |
| Figura 2: Cronograma.....   | 3  |
| Figura 3: Logotipo da empresa.....  | 3  |
| Figura 4: Logotipo atribuído às organizações consideradas PME líder ..... | 4  |
| Figura 5: Localização da empresa .....                                    | 4  |
| Figura 6: Tunel de tratamento de superfície (interior) .....              | 7  |
| Figura 7: Transportadores aéreos .....                                    | 7  |
| Figura 8: Túnel de tratamento de superfície (exterior).....               | 8  |
| Figura 9: Ciclone .....   | 8  |
| Figura 10: Sistema robotizado de pintura.....                             | 8  |
| Figura 11: Motor de 7.5kw acoplado a veio e turbina.....                  | 9  |
| Figura 12: Vista explodida da chumaceira .....                            | 10 |
| Figura 13: Vista explodida do conjunto motor-turbina-acoplamento .....    | 10 |
| Figura 14: Vista explodida do conjunto veio - acoplamento.....            | 11 |
| Figura 15: Montagem final do ventilador.....                              | 11 |
| Figura 16: Estrutura de suporte dos ventiladores .....                    | 12 |
| Figura 17: Fotografia da estrutura e ventiladores aplicados.....          | 12 |
| Figura 18: Desenho esquemático de um tambor .....                         | 13 |
| Figura 19: Esquema hidráulico.....  | 14 |
| Figura 20: Projeto 3D da máquina de lavar tambores .....                  | 15 |
| Figura 21: Fotografia da entrada de um TTS .....                          | 18 |
| Figura 22: Forno de polimerização.....                                    | 20 |
| Figura 23: Esquema de um sistema de pintura .....                         | 21 |
| Figura 24: Esquema de um TTS de quatro estágios .....                     | 24 |
| Figura 25: Exemplo de modelo paramétrico .....                            | 26 |
| Figura 26: Considerações de projeto .....                                 | 31 |
| Figura 27: Comparação entre os dois paradigmas.....                       | 32 |
| Figura 28: Menu inicial DriveWorks Express.....                           | 33 |
| Figura 29: Logotipo DriveWorks Solo.....                                  | 33 |
| Figura 30: Folha de cálculo auxiliar.....                                 | 37 |
| Figura 31: Conjunto de válvulas de reposição de nível.....                | 43 |

---

|   |    |
|---|----|
| Figura 32: Canto da tina .....                        | 43 |
| Figura 33: Pé da tina.....                            | 43 |
| Figura 34: Porta / cesto .....                        | 43 |
| Figura 35: Passerel .....                             | 43 |
| Figura 36: Ventilador de exaustão.....                | 43 |
| Figura 37:Apoio da passerel .....                     | 43 |
| Figura 38: Valvula de esgoto.....                     | 43 |
| Figura 39: Rampa com clarinetes .....                 | 45 |
| Figura 40: Menu view .....                            | 45 |
| Figura 41: Esqueleto do neutro de entrada .....       | 46 |
| Figura 42: Alteração dos parâmetros no modelo 3D..... | 46 |
| Figura 43: Parte da zona de molhagem .....            | 47 |
| Figura 44: Captura das peças do modelo.....           | 48 |
| Figura 45: Aquisição de dimensões.....                | 48 |
| Figura 46: Formulário principal .....                 | 49 |
| Figura 47: Variáveis da rampa .....                   | 50 |
| Figura 48: Cálculo da zona de molhagem .....          | 50 |
| Figura 49:Tabela de valores .....                     | 51 |
| Figura 50: Lista de peças .....                       | 52 |
| Figura 51: Excerto de código da equação.....          | 53 |
| Figura 52: Desenho de conjunto da rampa .....         | 54 |
| Figura 53: Relatório de valores .....                 | 55 |
| Figura 54: Check list de verificação .....            | 56 |

## Índice de diagramas

|   |    |
|---|----|
| Diagrama 1: Organograma da empresa .....              | 5  |
| Diagrama 2: Organograma da empresa .....              | 6  |
| Diagrama 3: Ciclo de pintura electrostática.....      | 17 |
| Diagrama 4: Dimensionamento de um TTS .....           | 23 |
| Diagrama 5: Passos do processo.....                   | 29 |
| Diagrama 6: Processo de aquisição de informação ..... | 34 |
| Diagrama 7: Estrutura de um TTS.....                  | 35 |
| Diagrama 8: Árvore do produto simplificada.....       | 42 |
| Diagrama 9: Variações nas rampas .....                | 47 |

**Índice de tabelas**

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| Tabela 1: Peças standard .....    | 43 |
| Tabela 2: Tempos consumidos ..... | 57 |



## **Abreviaturas**

CAD - (Computer-Aided Design)

TTS – Túnel de tratamento de superfície

TS – Túnel de secagem



# Capítulo 1

## 1. Introdução

*“Liderar a indústria, produzindo soluções de qualidade, serviços excelentes, fornecendo soluções eficientes, rápidas, de valor acrescentado, focalizadas numa política ambiental responsável e de inovação sistemática”  
(Solintellysys, 2011)*

Hoje em dia torna-se cada vez mais frequente as empresas deixarem de se restringir ao seu país, ambicionando a sua expansão em mercados internacionais. A expansão obriga a deslocalização e construção de unidades fabris para fora do país de origem, com o objetivo de rentabilizar a produção e manter/melhorar a qualidade do produto.

Todo este processo acaba por sujeitar as empresas a elevados níveis de pressão e competitividade, procurando cada vez mais rentabilizar os equipamentos e os meios que dispõem.

### 1.1. Âmbito do estágio

O presente estágio insere-se no âmbito do Mestrado de Equipamentos e Sistemas Mecânicos do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra e tem por objetivos:

- Aprofundar a formação académica em contexto de trabalho;
- Contacto com diversos tipos de equipamentos mecânicos;
- Possibilitar o desenvolvimento de competências ao nível da resolução de problemas complexos;
- Participar no desenvolvimento de novos equipamentos.

### 1.2. Estrutura do relatório

A estrutura do relatório encontra-se dividida em cinco capítulos. No primeiro capítulo pretende-se dar a conhecer o plano de trabalho traçado para a realização do estágio e a estrutura da empresa Solintellysys. No segundo capítulo são dados a conhecer alguns trabalhos realizados no decorrer do estágio. No terceiro capítulo é apresentada uma linha de pintura electroestática. No quarto capítulo é descrito o trabalho de parametrização realizado

na maior fração do tempo de estágio. Por fim, no quinto capítulo são apresentados os resultados alcançados nos trabalhos realizados e respetivas conclusões.

### 1.3. Plano de trabalho

De acordo com a disponibilidade da empresa Solintellysys, entidade acolhedora do estágio, foram definidas as seguintes fases:

Fase 1: Integração no local de estágio;

Fase 2: Formação em equipamentos de pintura electrostática;

Fase 3: Realização de intervenções e definição dos parâmetros de projeto por meio de softwares paramétricos;

Fase 4: Elaboração do relatório final de estágio.


















|    |  | Nome   | Duração      | Início           | Término          | Pred... |
|----|---|--|--------------|------------------|------------------|---------|
| 1  |  | Integração na equipa                                 | 2 dias       | 07-10-2013 8:30  | 09-10-2013 8:30  |         |
| 2  |  | Projeto de quadrado de estufa                        | 30 dias      | 09-10-2013 9:00  | 20-11-2013 9:00  | 1       |
| 3  |  | Projeto máquina de lavar tambores                    | 50 dias      | 19-11-2013 8:00  | 27-01-2014 17:00 | 2       |
| 4  |  | Pesquisa do software a utilizar                      | 37,344 dias? | 20-01-2014 8:30  | 12-03-2014 11:15 | 3       |
| 5  |   | Obtenção do software de demonstração                 | 0,25 dias    | 12-03-2014 11:15 | 12-03-2014 14:15 | 4       |
| 6  |   | Decisão do projeto a parametrizar                    | 0 dias       | 12-03-2014 14:15 | 12-03-2014 14:15 | 5       |
| 7  |  | Parametrização de tina quente                        | 60,438 dias? | 12-03-2014 14:15 | 05-06-2014 8:45  | 6       |
| 8  |  | Verificação / validação                              | 0 dias       | 05-06-2014 8:45  | 05-06-2014 8:45  | 7       |
| 9  |  | Parametrização da rampa                              | 20 dias      | 29-07-2014 8:00  | 25-08-2014 17:00 | 8       |
| 10 |  | Verificação / validação                              | 0 dias       | 01-09-2014 8:30  | 01-09-2014 8:30  | 9       |
| 11 |  | Parametrização da tina fria                          | 42,969 dias  | 23-09-2014 8:30  | 21-11-2014 8:15  | 10      |
| 12 |  | Verificação / validação                              | 0 dias       | 13-01-2015 9:00  | 13-01-2015 9:00  | 11      |
| 13 |  | Parametrização dos painéis                           | 45,469 dias  | 20-01-2015 8:30  | 24-03-2015 13:15 | 12      |
| 14 |  | Verificação / validação                              | 0 dias       | 04-05-2015 8:30  | 04-05-2015 8:30  | 13      |
| 15 |  | Parametrização do sistema de exaustão                | 40,469 dias? | 27-05-2015 8:30  | 22-07-2015 13:15 | 14      |
| 16 |  | Verificação / validação                              | 0 dias       | 22-07-2015 13:15 | 22-07-2015 13:15 | 15      |
| 17 |  | Simulação geral do TTS parametrizado                 | 20 dias      | 22-07-2015 13:15 | 19-08-2015 13:15 | 16      |
| 18 |   | Aquisição do software de parametrização - DriveWorks | 2,333 dias   | 19-08-2015 13:15 | 21-08-2015 15:55 | 17      |
| 19 |  | Dar formação do funcionamento do programa            | 2 dias       | 21-08-2015 15:55 | 25-08-2015 15:55 | 18      |
| 20 |   | Entrada em funcionamento                             | 0 dias       | 25-08-2015 15:55 | 25-08-2015 15:55 | 19      |

Figura 1: Plano de trabalho

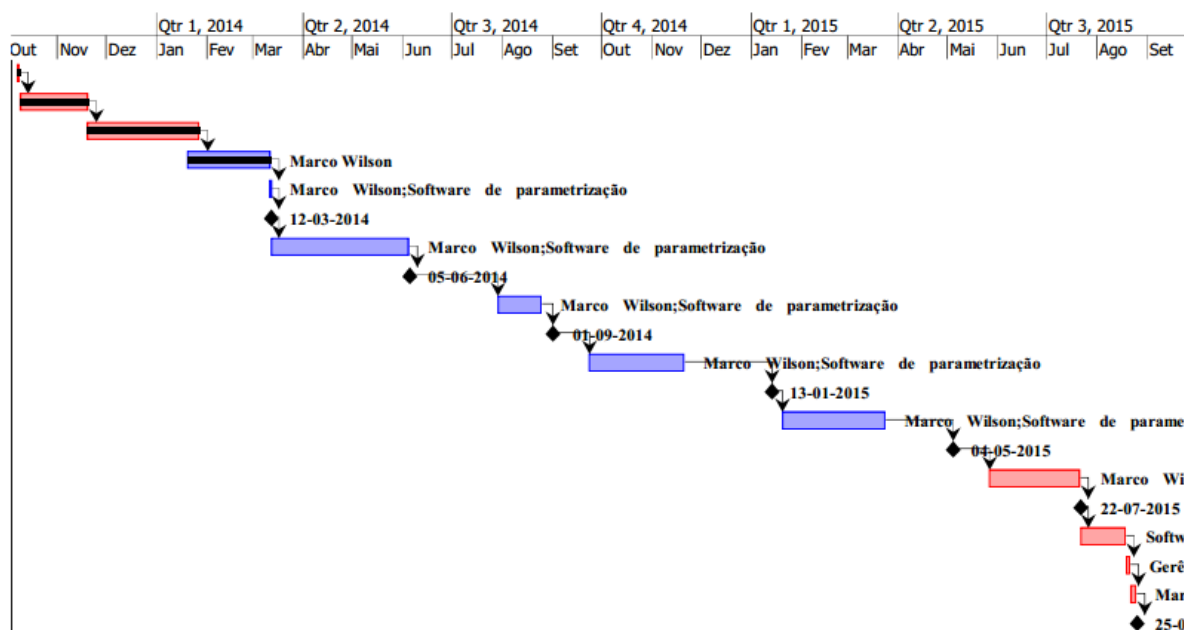


Figura 2: Cronograma

#### 1.4. Apresentação da empresa

A Solintellysys, Lda. é uma empresa que iniciou a sua atividade a 20 de outubro de 2008 e dedica-se à conceção, fabrico, importação, exportação, comercialização, representação e assistência técnica de máquinas, acessórios e equipamentos especiais.

Atualmente com um capital social de 86.000 Euros e o seu proprietário é o Sr. Eng. João Carlos Fernandes Figueiredo.

A empresa conta com o seu logótipo registado junto do INPI, começando a defender a sua propriedade industrial e intelectual, já que a tendência evolutiva da empresa passará pelo desenvolvimento de protótipos e modelos, desenvolvendo em especial soluções à medida.



Figura 3: Logotipo da empresa

Em 2013, e pela quarta vez consecutiva, a Solintellysys, Lda., foi distinguida pelo IAPMEI como PME líder.

Esta distinção permitiu à empresa obter alguns benefícios financeiros junto das entidades bancárias, que têm contribuído para o desenvolvimento de alguns projetos no âmbito do QREN.



*Figura 4: Logotipo atribuído às organizações consideradas PME líder*

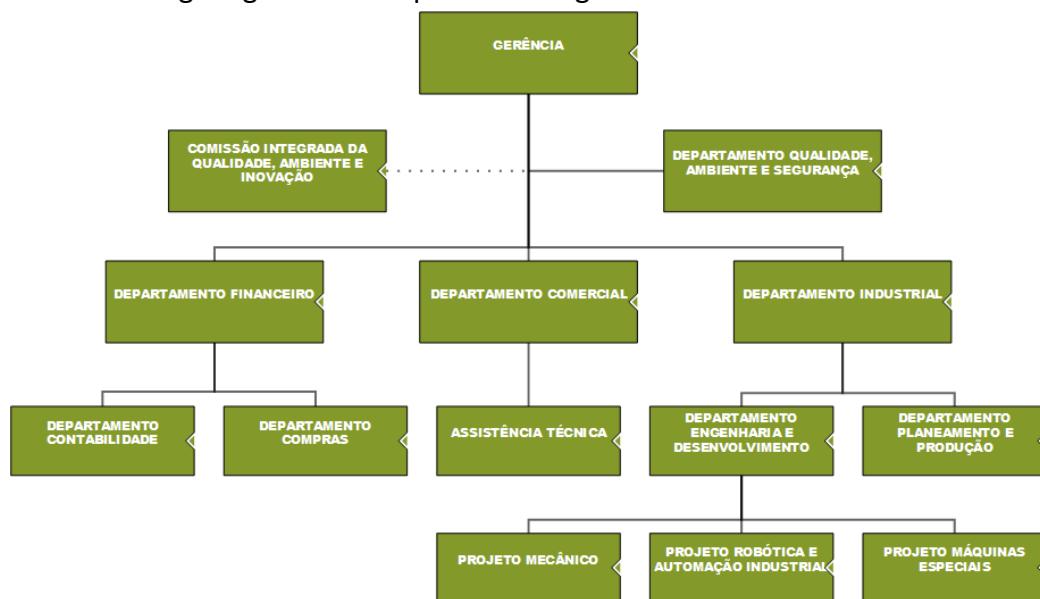
A Solintellysys foi distinguida com o prémio Gazela 2012 e 2013 pela Comissão de Coordenação da Região Centro (CCRC). Este prémio foi concebido a empresas que apresentaram cumulativamente crescimentos do volume de negócios superiores a 20%, empregavam pelo menos 10 trabalhadores e possuíam faturação igual ou superior a 500 mil euros. Em apenas cinco anos, a empresa chegou ao final de 2013 faturando cerca de 6 milhões de euros e encontra-se atualmente a exportar para vários países, entre os quais está o Brasil, Espanha e México.

Atualmente a empresa está localizada na Rua da Brenha, lugar do Brejo, freguesia da Borralha que pertence ao concelho de Águeda.



*Figura 5: Localização da empresa*

Esta é uma empresa que se encontra em constante evolução e conta atualmente com 47 colaboradores com vastas competências nas mais diversas áreas. Tais áreas estão evidenciadas no organograma da empresa no Diagrama 1.



*Diagrama 1: Organograma da empresa*

Para melhor esquematizar a forma como a Solintellysys funciona, foi elaborado o mapa de processos representado Diagrama 2.

Entre os mais diversos produtos que a empresa comercializa estão:

- Instalações de pintura líquida, a pó, de peças metálicas, plásticas e madeiras;
- Instalações de lacagem em perfis de alumínio;
- Máquinas e projetos especiais;
- Instalações para plastificação;
- Instalações com tinas estáticas ou contínuas de decapagem;
- Cabinas de pintura de cortina de água, via seca e a pó;
- Sistemas de filtração;
- Cabinas de pintura automóvel;
- Automação e robótica industrial.

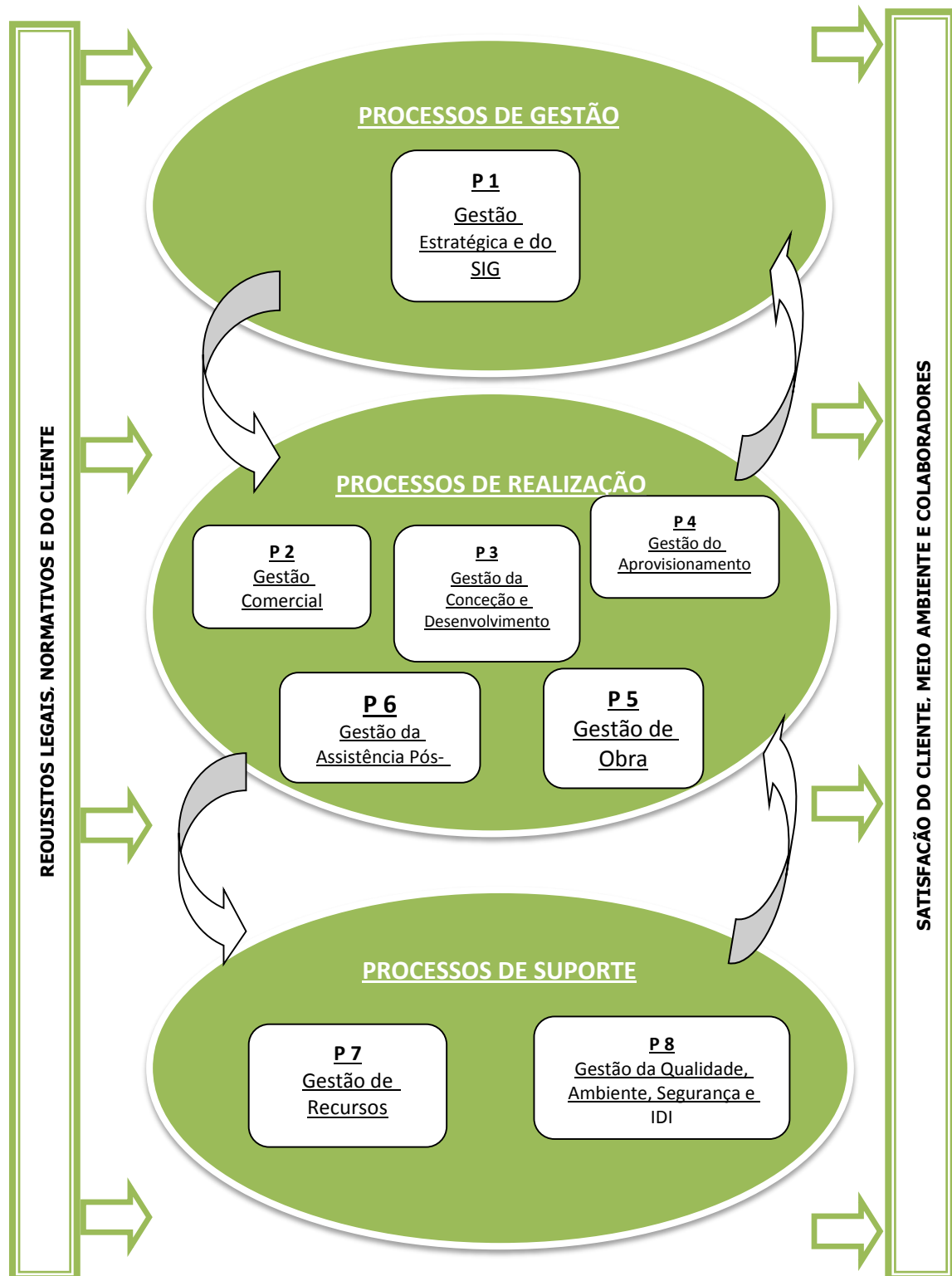


Diagrama 2: Organograma da empresa



As seguintes figuras demonstram alguns trabalhos realizados pela Solintellysys.



*Figura 6: Tunel de tratamento de superfície (interior)*



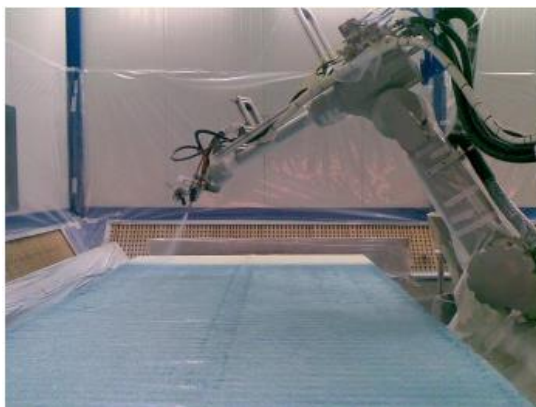
*Figura 7: Transportadores aéreos*



*Figura 8: Túnel de tratamento de superfície (exterior)*



*Figura 9: Ciclone*



*Figura 10: Sistema robotizado de pintura*

## Capítulo 2

### 2. PROJETOS REALIZADOS

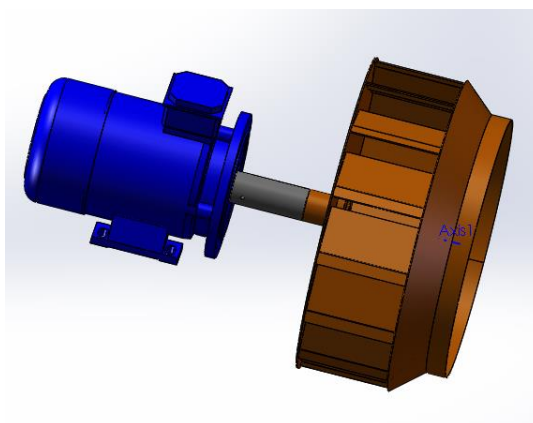
#### 2.1. Estrutura para ventilador

A maioria dos clientes da Solintellysys solicitam linhas de pintura. Estas linhas são compostas por um túnel de tratamento de superfície, uma ou mais cabines de pintura, ciclone, forno de polimerização, transportador aéreo, entre outros. A nível de equipamento os fornos são compostos por um queimador e vários ventiladores que proporcionam a recirculação do ar no interior do forno.

Numa das instalações os ventiladores de recirculação começaram a apresentar alguma vibração e algum ruído. Estes ventiladores transportam ar até uma temperatura de 250°C e estão a funcionar 24h por dia.

Para se proceder a uma análise, retirou-se um dos ventiladores onde se verificou que a caixa dos rolamentos no interior do motor elétrico se encontrava danificada, onde o rolamento apresentava folga excessiva.

A montagem motor-veio-turbina estava executada como demostra a Figura 11.



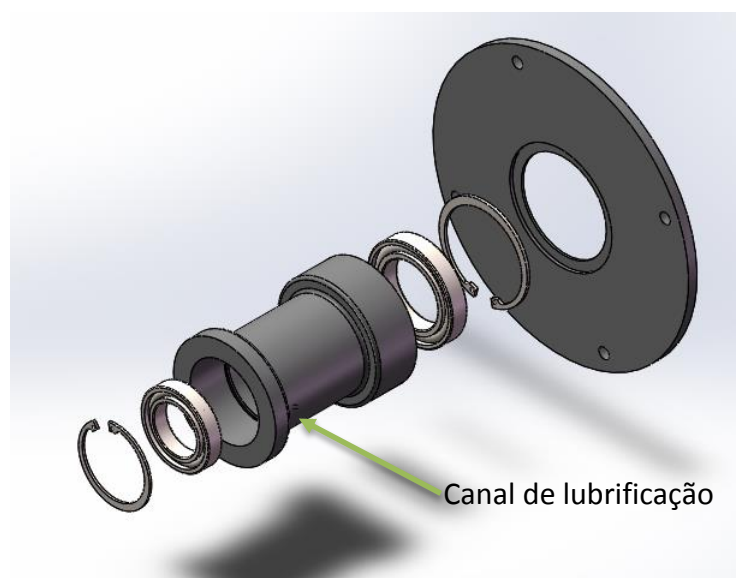
*Figura 11: Motor de 7.5kw acoplado a veio e turbina*

A turbina representada na Figura 11 tem um diâmetro aproximado de 640mm e o veio entre o motor e a turbina tem cerca de 150mm.

Com este tipo de montagem estamos a colocar uma grande carga nas caixas dos rolamentos visto que não existe qualquer tipo de apoio ente a turbina e o motor elétrico. Foi

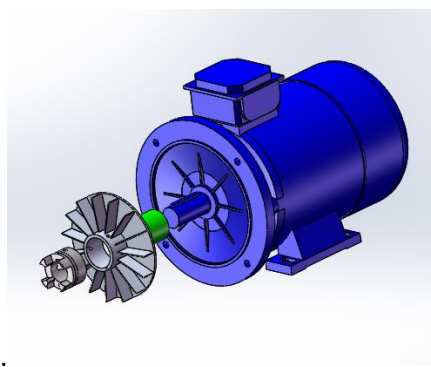
ainda elaborada uma rápida análise à estrutura destes componentes, onde se pôde concluir que esta estava demasiado fraca, apresentando sinais de deformação plástica.

Assim e de modo a tentar resolver o problema, desenvolveram-se alguns projetos no Solidworks. A solução encontrada passa por criar uma chumaceira com dois pontos de apoio e o acréscimo de uma turbina de arrefecimento que é colocada entre o motor e a estrutura de suporte do conjunto. Esta turbina tem como função dissipar o calor transferido tanto ao veio como à estrutura. A chumaceira no seu interior possui dois rolamentos de alta temperatura e com blindagem apenas do lado exterior. Foi previsto para este conjunto um canal de lubrificação que pode ser observado na Figura 12.

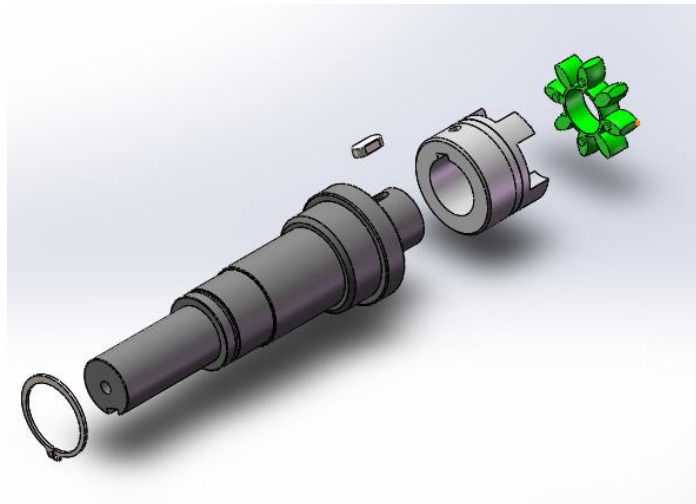


*Figura 12: Vista explodida da chumaceira*

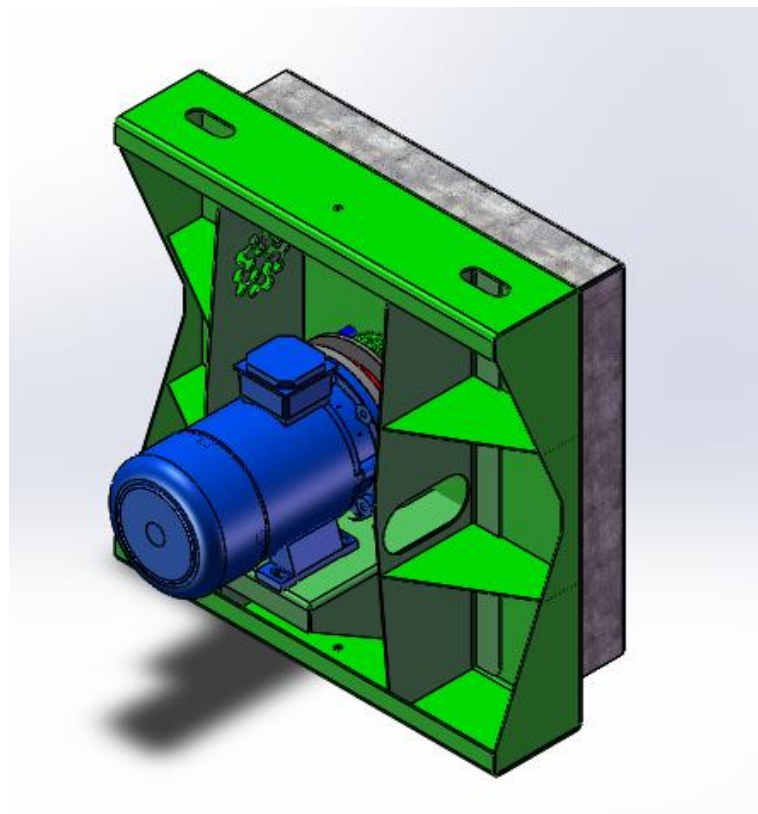
Na Figura 13 podemos observar a turbina de arrefecimento e o acessório que vai fazer o acoplamento deste conjunto com o conjunto representado na Figura 14. O aspeto final desta montagem está representado na Figura 15



*Figura 13: Vista explodida do conjunto motor-turbina-acoplamento*



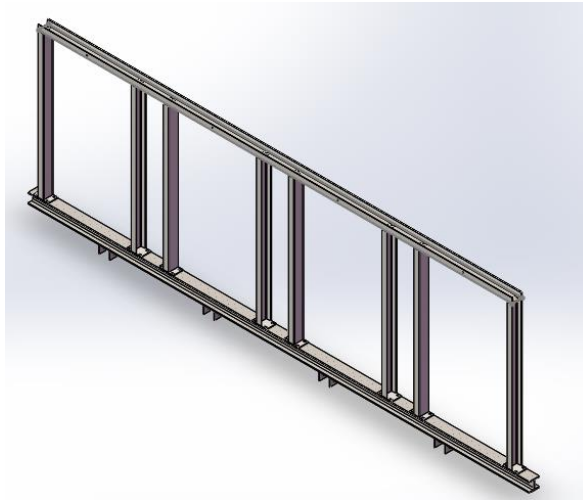
*Figura 14: Vista explodida do conjunto veio - acoplamento*



*Figura 15: Montagem final do ventilador*

Para a montagem deste conjunto foi necessário reforçar a estrutura do forno visto que esta montagem ficou com um peso bastante superior em relação à montagem antiga. Para o cálculo deste reforço efetuou-se um estudo no Cosmos, obtendo-se assim uma estrutura em viga HEA100 e UPN100. Esta estrutura tem ainda como objetivo o suporte de um sistema para

a ajuda da desmontagem do ventilador. A estrutura de suporte dos ventiladores está representada na Figura 16.e a Figura 17 mostra-nos o projeto finalizado na casa do cliente.



*Figura 16: Estrutura de suporte dos ventiladores*



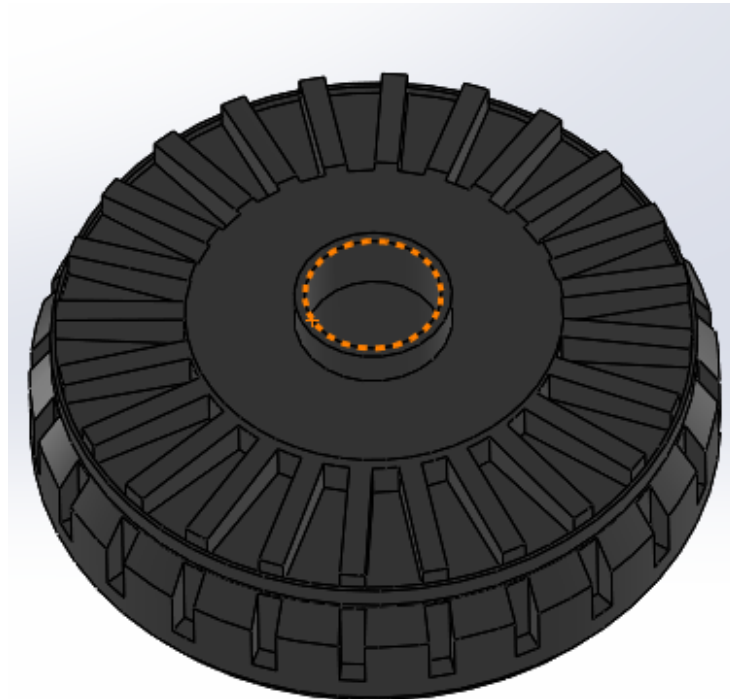
*Figura 17: Fotografia da estrutura e ventiladores aplicados*

Para esta solução foi definido um intervalo de tempo e um manual com indicações de manutenção. Devido às condições adversas em que se encontra aplicada esta solução a manutenção é feita semanalmente.

## **2.2. Máquina para lavar e secar tambores**



No âmbito das máquinas especiais foi pedido à Solintellysys o desenvolvimento e construção de uma máquina para a lavagem de tambores. Estes devem sair da máquina completamente lavados e secos. A Figura 18 representa o esquema de um tipo de tambor que será lavado na máquina.



*Figura 18: Desenho esquemático de um tambor*

Para garantir que as condições impostas eram conseguidas, foi necessário criar um esquema hidráulico para o sistema de lavagem e foi desenvolvida uma solução de pequenos tubos que foram direcionados para a peça de forma estratégica para o sistema de sopragem. Esta máquina é ainda composta por um grupo de secagem que alberga uma bateria de resistências elétricas que providenciavam o aquecimento do ar.

Para a escolha das bombas foi necessário selecionar os bicos de aspersão de forma a se conseguir calcular o caudal necessário. No 1º estágio o tambor deve permanecer no banho durante 70 segundos. Já no 2º estágio o tambor deve permanecer 40 segundos.

Atendendo a que o transportador trabalha a uma velocidade de 1m/min os estágios de lavagem devem ter 1.16m e 0.67m respetivamente. Assim para o 1º estágio vamos ter um grupo com 5 clarinetes e no 2º estágio vamos ter um grupo com 3 clarinetes, considerando

que a distância entre eles é aproximadamente 250mm. Cada clarinete é composto por 6 bicos e cada bico tem um caudal máximo, à pressão de 2bar, de 3.2 l/min. Com isto para o 1º estágio necessitamos de 96l/min e para o 2º estágio 57.6l/min. Na Figura 19 podemos ver o esquema hidráulico que foi implementado na máquina de lavar.

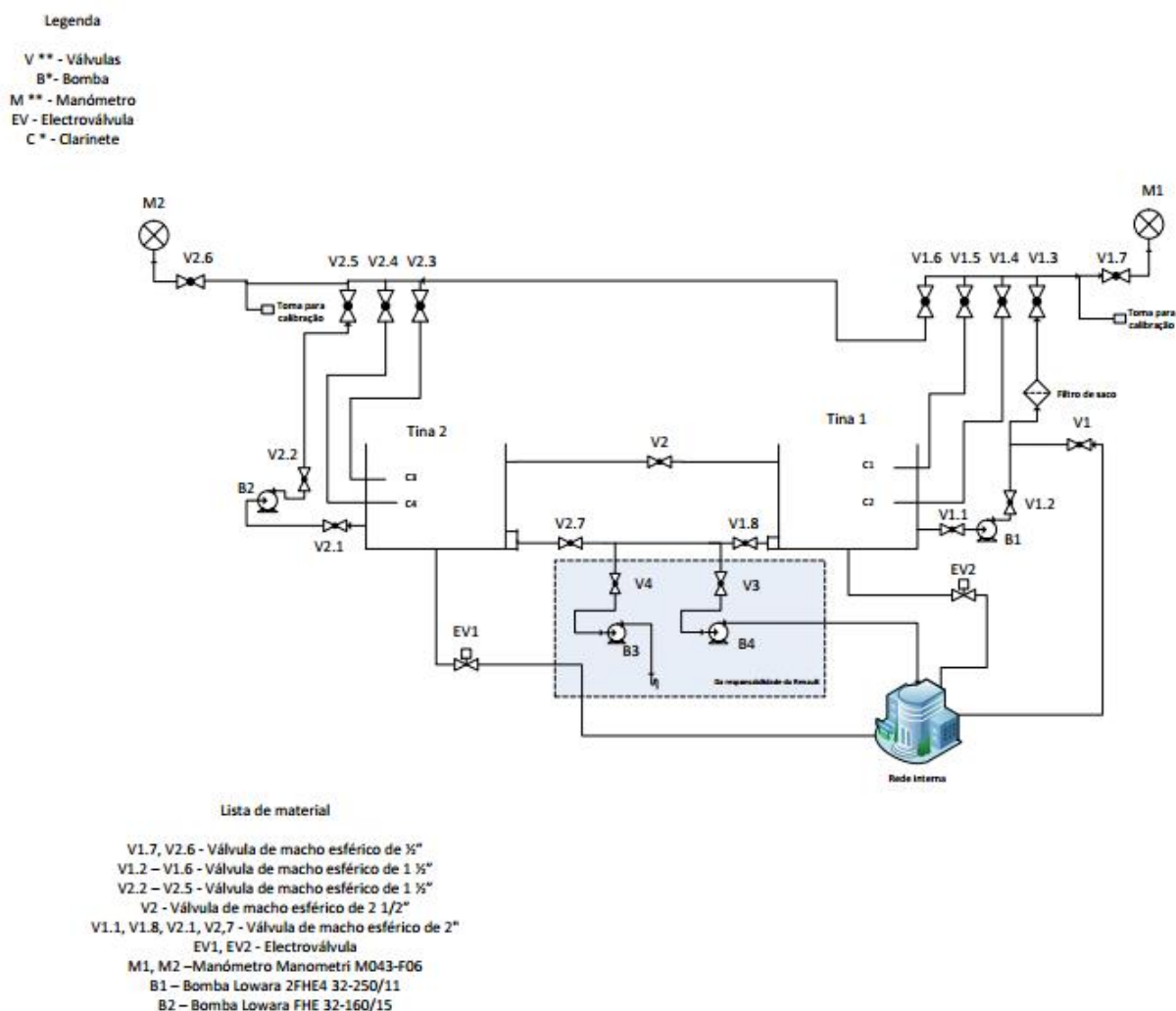
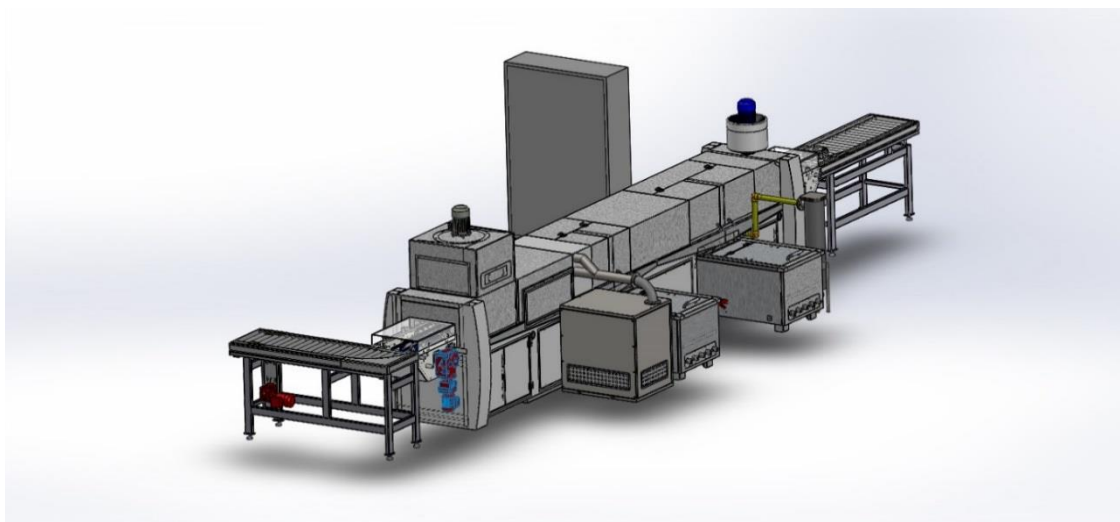


Figura 19: Esquema hidráulico

Para o grupo de sopragem considerou-se que a velocidade do ar à saída da faca deveria andar na ordem dos 40 a 50 m/s. Assim para o cálculo considerou-se 5 facas de ar com uma abertura de 200x15 mm, que nos leva a um valor de caudal necessário de 0.15m<sup>3</sup>/s. Com este valor foi-nos possível efetuar a escolha do ventilador no catálogo do fornecedor. Na Figura 20 podemos ver o projeto 3D finalizado.





*Figura 20: Projeto 3D da máquina de lavar tambores*



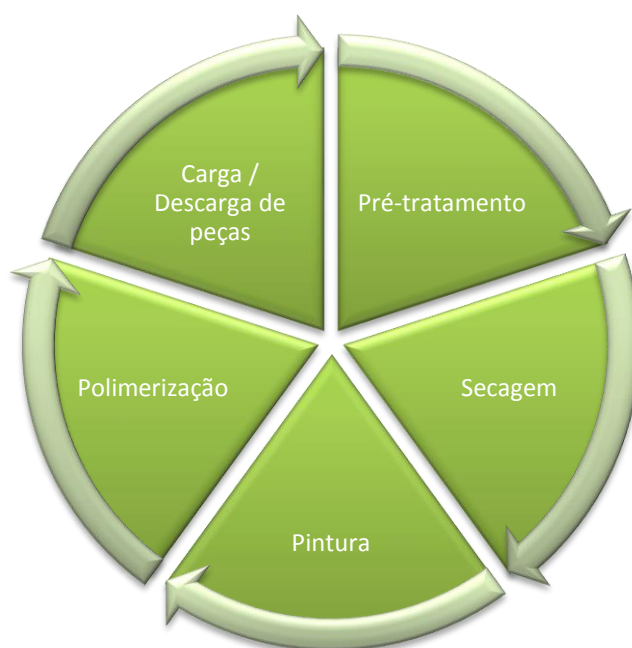
## Capítulo 3

### 3. LINHA DE PINTURA ELECTROESTÁTICA

#### 3.1. Conceitos teóricos

A pintura electroestática é um processo que consiste na aplicação de uma tinta polarizada em diversos materiais mas polarizados com a carga inversa. Este tipo de pintura dá para diversos tipos de materiais, tais como chapa, cerâmica, vidros, entre outros. Para os materiais que não podem ser polarizados, aplica-se uma fina camada de verniz condutor de modo a que este possa ser polarizado. Normalmente esta pintura é feita por meio de pistolas, que projetam a tinta para a peça.

Podemos dividir a linha de pintura electroestática em quatro estágios como esquematizado no Diagrama 3.



*Diagrama 3: Ciclo de pintura electroestática*

Fase 1: Pré-tratamento

Fase 2: Secagem

Fase 3: Pintura

Fase 4: Polimerização

Dependendo do tipo de material a pintar, podemos ter diversas etapas no pré-tratamento. No caso de uma chapa que contém gordura para não oxidar, terá que passar por um pré-tratamento de desengorduramento seguido de lavagem e por fim uma desoxidação. Seguidamente passam por uma estufa para retirar toda a humidade que foi adquirida no processo anterior. Ao estarem completamente secas as peças vão para uma cabine de pintura. Esta cabine deve ser composta por dois robots ou duas pessoas que asseguram a pintura de ambos os lados da peça. No fim de pintadas as peças seguem para um forno onde se dá a polimerização das partículas de pó.

### Fase 1: pré-tratamento

As peças vão passar por um corredor onde está constantemente a ser projetada uma mistura líquida de produtos químicos que é pré aquecida por um queimador e que tem como objetivo retirar qualquer gordura existente nas peças. Este corredor ou túnel está dividido em várias etapas, como mostra a Figura 21.



*Figura 21: Fotografia da entrada de um TTS*

Esta mistura líquida circula num circuito fechado, sendo necessário fazer uma análise à sua concentração diariamente. Esta mistura de químicos é efetuada no interior da tina sendo posteriormente bombeada para os bicos aspersores.

A segunda etapa é a lavagem com água fria. Esta água também circula em circuito fechado, ou seja, é bombeada da tina para os aspersores e posteriormente é canalizada pela rampa até ao interior da tina.

A última etapa, desoxidação, é novamente molhada a peça por meio de um jato com uma mistura de água e outros químicos. Este banho serve para retirar a oxidação das peças e também para as proteger. Este banho também é analisado diariamente. Esta etapa só é aplicada quando temos material que sofre oxidação.

Todos os líquidos utilizados nestes processos são posteriormente enviados para uma ETAR de modo a serem tratados e a não poluírem o ambiente.

## **Fase 2: Secagem**

Na fase de secagem as peças seguem para uma estufa de secagem como mostra a Figura 22. Normalmente estas estufas trabalham com temperaturas na ordem dos 160°C podendo ir até aos 200°C. O aquecimento destas estufas é feito por meio de um queimador e a recirculação de ar no interior da estufa é realizado por meio de ventiladores equipados com turbinas de reação. Nas estufas mais recentes controlo de temperatura é feito por meio de um quadro centralizado automatizado.

Se a peça não se apresentar 100% seca poderão surgir problemas na aderência da tinta, sendo necessário proceder à secagem de forma manual.

Se as peças forem de material não condutor será aplicado o verniz condutor de modo a que estas possam receber carga.



*Figura 22: Forno de polimerização*

### **Fase 3: Pintura**

Na fase de pintura estão envolvidos diversos equipamentos:

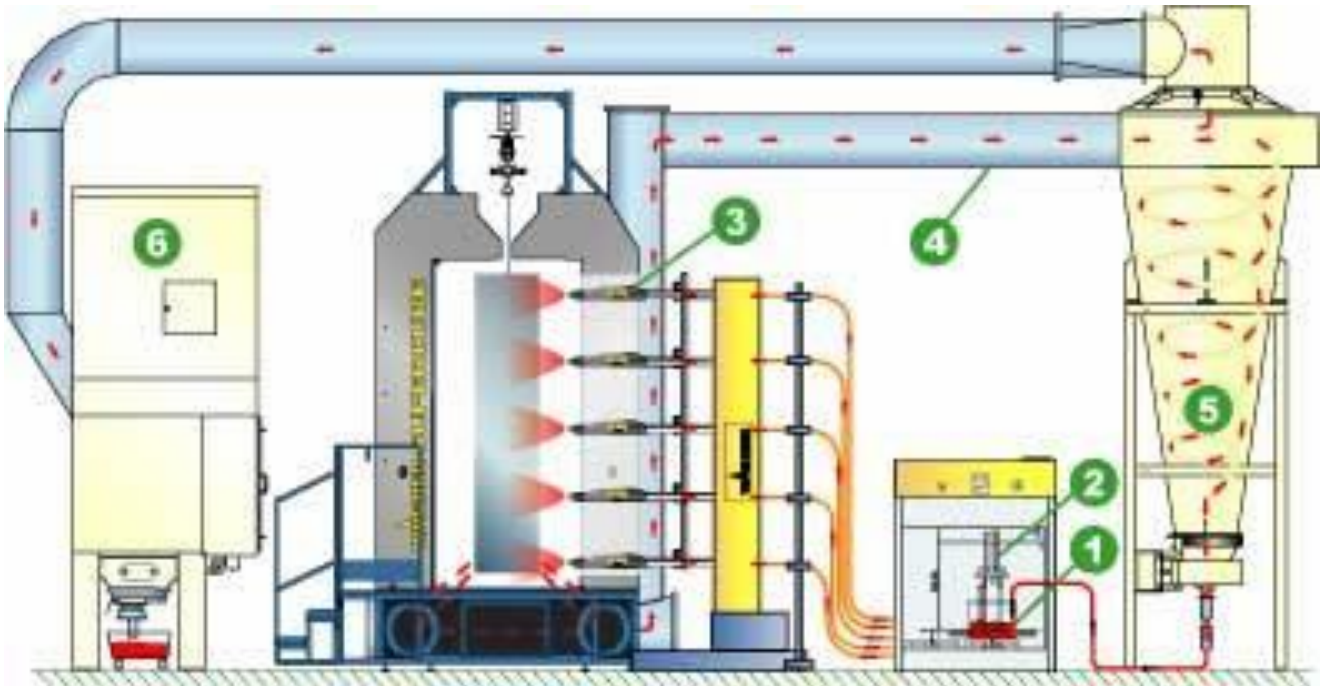
- Cabine de pintura
- Sistema de pintura (Reservatório, gerador, pistolas, robot ou operário)
- Sistema de recuperação de tinta (Ciclone)
- Sistema de filtragem por cartuchos
- Sistema de peneiros e transporte de pó
- Rede de tubagens

Na cabine é onde se procede à aplicação da tinta, que pode ser tanto manual como automática através de reciprocadores ou osciladores.

O sistema de pintura é composto pelo robot ou por duas pessoas, que são os elementos que aplicam a tinta na peça através das pistolas, as quais projetam o pó pelo ar e ao mesmo tempo polarizam as partículas. O sistema é ainda composto por um reservatório distribuidor de pó e ainda pelos geradores de tensão negativa que vão alimentar os elétrodos das pistolas. O sistema de recuperação de tinta aspira o pó que não se fixa às enviando-o para o ciclone que vai fazer a separação das partículas. Estas partículas são separadas por peso, isto é, as mais pesadas caem em forma de espiral para um recipiente instalado no fundo do ciclone. As partículas mais leves seguem para o filtro de cartuchos de modo a que estas fiquem depositadas nos cartuchos e que o ar não seja contaminado.

O sistema de peneiros aspira o pó do reservatório do ciclone e passa-o por um crivo que está em constante vibração de forma a retirar impurezas que o pó contenha.

Todos os equipamentos referidos anteriormente encontram-se ligados entre si por meio de uma rede de condutas, conforme o esquema apresentado na Figura 23.



*Figura 23: Esquema de um sistema de pintura*

1. Pó recuperado
2. Peneiro
3. Pistola
4. Conduta
5. Ciclone
6. Sistema de filtragem

#### **Fase 4: Polimerização**

Na fase de polimerização as peças já se encontram cobertas de pó e são passadas por uma estufa que se encontra normalmente entre 160°C e 220°C durante um determinado tempo. Esta passagem pelo forno tem como objetivo a fusão dos grãos do pó, não libertando solventes nem gases permitindo assim dotar a estufa de um baixo número de renovações de ar.

### 3.2. Principais características de um TTS

Como foi referido anteriormente o Túnel de tratamento de superfície faz parte do equipamento de pintura. Este equipamento pode ser constituído por vários estágios que podem ser quentes ou frios. Cada um desses estágios pode ser subdividido nos seguintes módulos:

- Rampa
- Tina fria
- Tina quente
- Painéis
- Aspersão
- Exaustão

Normalmente o número de estágios varia com o tipo de tratamento a dar às peças, podendo chegar a um máximo de 10 estágios. Neste caso este túnel seria considerado de construção especial.

Como base de trabalho podemos dizer que são mais utilizados 4 tipos de túneis de tratamento de superfície:

- 3 Estágios sem desmineralização
- 3 Estágios + desmineralização
- 4 Estágios
- 5 Estágios

O comprimento de cada estágio vai variar consoante o tempo que se deseja que a peça receba tratamento e com a velocidade do transportador. Já o volume da tina depende do caudal debitado pelos bicos de aspersão. A largura da rampa é dada pelas dimensões do gabarito, e este por sua vez é calculado com base nas dimensões da peça.

Para melhor perceber a mecânica de cálculo podemos, com os elementos acima mencionados, construir um pequeno esquema, representado no Diagrama 4, que nos permite ver os passos seguidos para o dimensionamento de um TTS.





*Diagrama 4: Dimensionamento de um TTS*

Definidos estes parâmetros, podemos dizer que estamos prontos para dimensionar as bombas e as tinas. No entanto, ainda não é possível ter a noção do comprimento total do túnel. Para tal devem-se definir mais alguns parâmetros que nos vão dar o comprimento total das rampas.

A rampa é composta por duas partes:

- Neutros de entrada e de saída
- Zona de molhagem

Os neutros têm como objetivo apanhar o excedente de líquido que vai ficando na peça, canalizando-o para a tina. A zona de molhagem é onde ficam situados os clarinetes. Com a junção destas partes já se consegue chegar ao valor do comprimento final do túnel.

Depois de definidos todos estes parâmetros elabora-se um esquema, como o apresentado na Figura 24.

(Desengorduramento – Pré-Lavagem – Lavagem) + Lavagem Desmineralizada

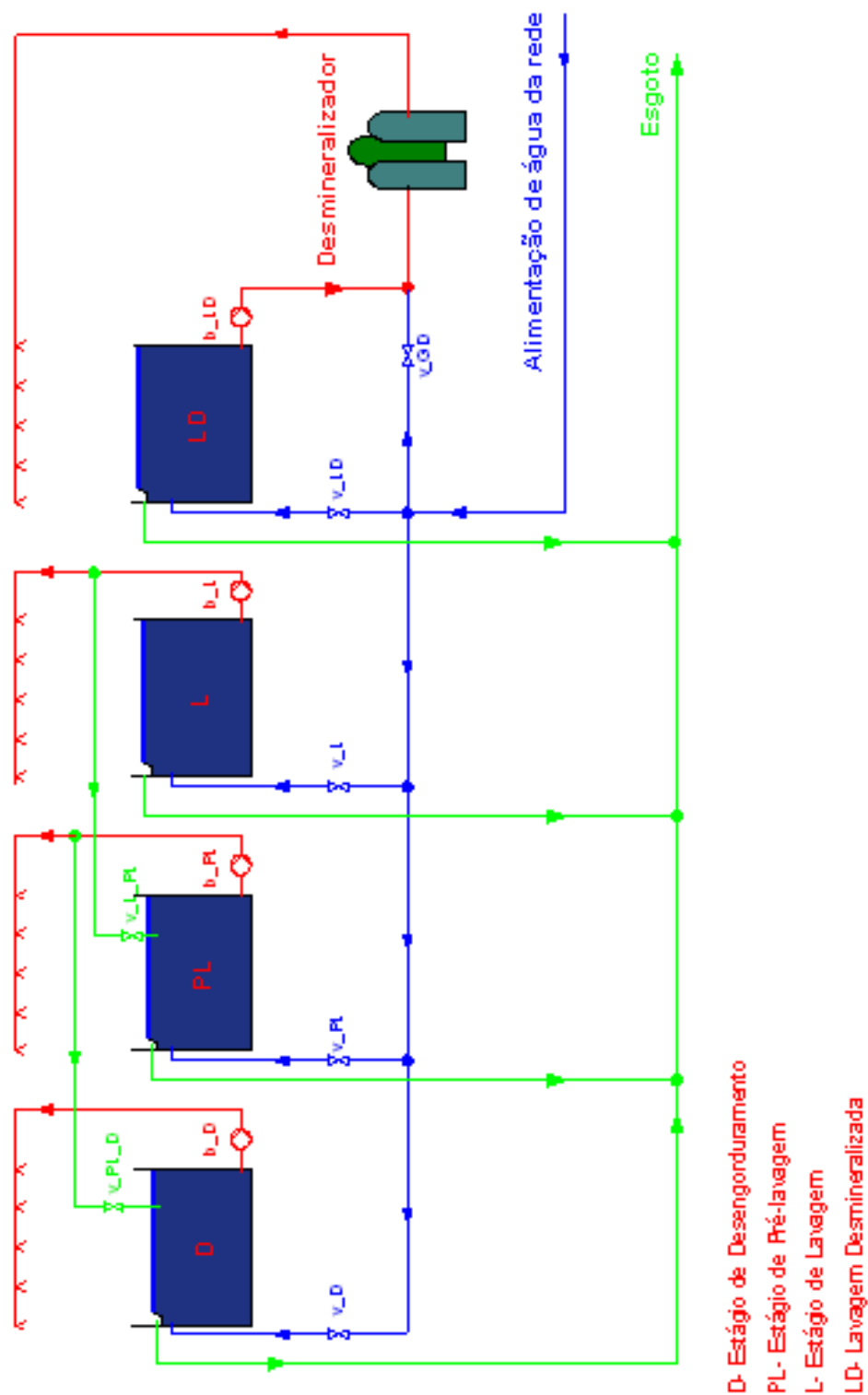


Figura 24: Esquema de um TTS de quatro estágios

## Capítulo 4

### 4. SOFTWARE CAD 3D PARAMÉTRICO - METODOLOGIAS

#### 4.1.Estado da arte

Atualmente, os sistemas CAD 3D paramétricos têm vindo a destacar o seu papel como uma poderosa ferramenta de produtividade para execução de projetos mecânicos.

As primeiras aplicações deste tipo de software tiveram início na década de 50, quando o Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) iniciou a discussão sobre a tecnologia de CAD. Nesta época os sistemas estavam limitados ao manuseamento de entidades geométricas em duas dimensões e funcionavam em terminais monocromáticos.

Contudo, nesta época, os sistemas CAD já demonstravam as suas valias:

- Possibilidade de envio e receção de desenhos por processos eletrónicos
- Melhoravam a forma de gerir os desenhos
- Melhor precisão dimensional
- Maior rapidez na alteração e recuperação de desenhos

A utilização e aplicação de sistemas CAD/CAM foi, durante muitos anos, limitada em grandes empresas, como por exemplo aeroespacial e automóvel. Esta limitação verificava-se devidos aos custos envolvidos, desde software/hardware até a qualificação da mão-de-obra, requerendo utilizadores com maior grau de instrução. No final da década de 90, com o avanço da informática apareceu o sistema operativo para aplicação em PCs (Windows NT). Com o aparecimento deste novo sistema surgiu a necessidade de as empresas, que desenvolviam seus sistemas CAD/CAM baseados no sistema operativo UNIX, migrarem para o sistema Windows. Este fato, além de reduzir o custo do Hardware, reduziu também as necessidades da colocação de utilizadores altamente especializados. A interface padrão Windows é bastante interativa, tornando mais intuitiva a utilização destes sistemas.

Por outro lado, os custos associados aos softwares CAD/CAM, atualmente já se encontram bastante acessíveis, tornando sua utilização viável mesmo para pequenas empresas. Facto que se deve à elevada concorrência do mercado e à própria evolução desta tecnologia.

A década de 70 ficou marcada por uma nova geração de sistemas CAD: Início do desenvolvimento de técnicas para a representação de objetos tridimensionalmente. Os sistemas CAD atuais não se restringem apenas à geração e manipulação dos desenhos em duas dimensões. Este recurso é considerado somente uma funcionalidade destes sistemas e representa apenas uma pequena parcela dos possíveis benefícios a serem obtidos com a utilização desta tecnologia. Hoje, um software CAD, representa uma potente e indispensável ferramenta para a indústria moderna, permitindo mais do que a geração de desenhos 2D:

- Modelar formas complexas em 3D
- Realizar análises geométricas
- Realizar análise de interferências
- Comunicação com outros softwares
- Simulações funcionais
- Orçamentação
- Ciclos de maquinagem (CAM)
- Outros)
- São paramétricos

Analisando o último ponto da lista anterior, a modelagem paramétrica permite desenvolver modelos de produtos com dimensões variáveis. Neste caso as dimensões podem ser interligadas entre si fazendo-se variar automaticamente. A Figura 25 representa um componente onde foi feita uma alteração dimensional.

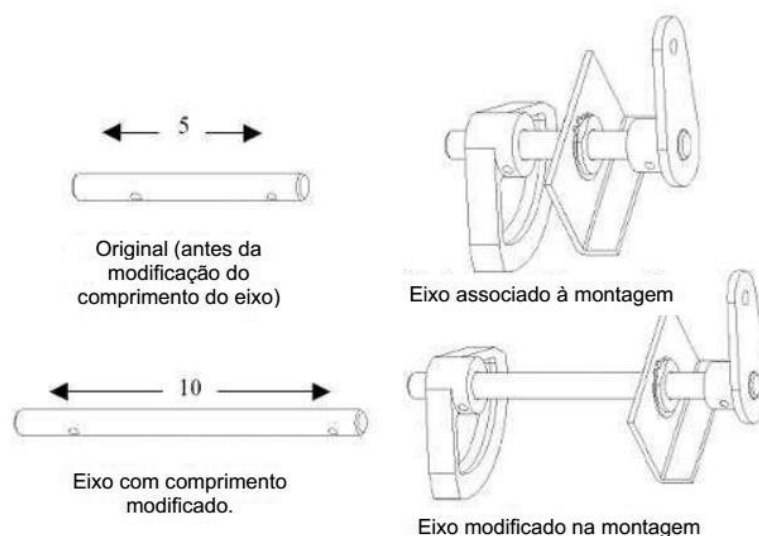


Figura 25: Exemplo de modelo paramétrico

Atualmente, a maioria dos sistemas de CAD-3D já incorpora alguns métodos de modelagem paramétrica. As características podem ser definidas como elementos físicos das peças que têm algum significado para a engenharia. Então, nesta forma de modelagem as modificações necessárias podem estar relacionadas somente com parâmetros de engenharia, por exemplo, mudança de material, aumento ou redução de determinada dimensão. Consiste basicamente em transformar uma feature em equação matemática, variável do sistema ou valor numérico, permitindo, além da sua armazenagem de forma eficiente e personalizada, modificar a forma geométrica ou características apenas alterando ou otimizando valores. Dessa forma, as regras ativas mantêm a integridade do modelo em todas as iterações do projeto. Durante qualquer alteração os modelos não são gerados novamente, portanto, o desempenho é praticamente instantâneo e as alterações são mais flexíveis

Entre as diversas vantagens da modelagem paramétrica de sólidos podemos referir que:

- As edições de dimensões alteram diretamente o modelo;
- As features podem ser relacionadas entre si;
- As modificações de certas features podem propagar-se a outras;

## 4.2. Parametrização

Muitas empresas possuem produtos idênticos, com algumas variações de tamanho ou acessórios. Um exemplo de uma empresa deste género seria uma empresa que produzisse móveis ou estantes. No entanto a maioria das empresas criam bibliotecas de desenho que vão servir como base de apoio a um novo projeto servindo apenas como referência. Estas bibliotecas não são utilizados para redução do tempo e custo do projeto, mas sim como apoio.

Qualquer projeto é um processo de soluções criativas para a resolução de problemas. As técnicas emergentes, os dispositivos e a globalização do mercado dos produtos exigem o limite da capacidade criativa do ser humano.

A procura do mercado por respostas rápidas em todo o ciclo do projeto faz com que as metodologias avançadas de projeto procurem redução no tempo de aquisição de conhecimento e aumentem a criatividade envolvida nas atividades do projeto. Segundo estudos de engenheiros projetistas, despendemos cerca de 60% do tempo na procura de informações e soluções que possam ser implementadas. Para muitos profissionais este processo é considerado como o aspeto mais frustrante de um projeto.

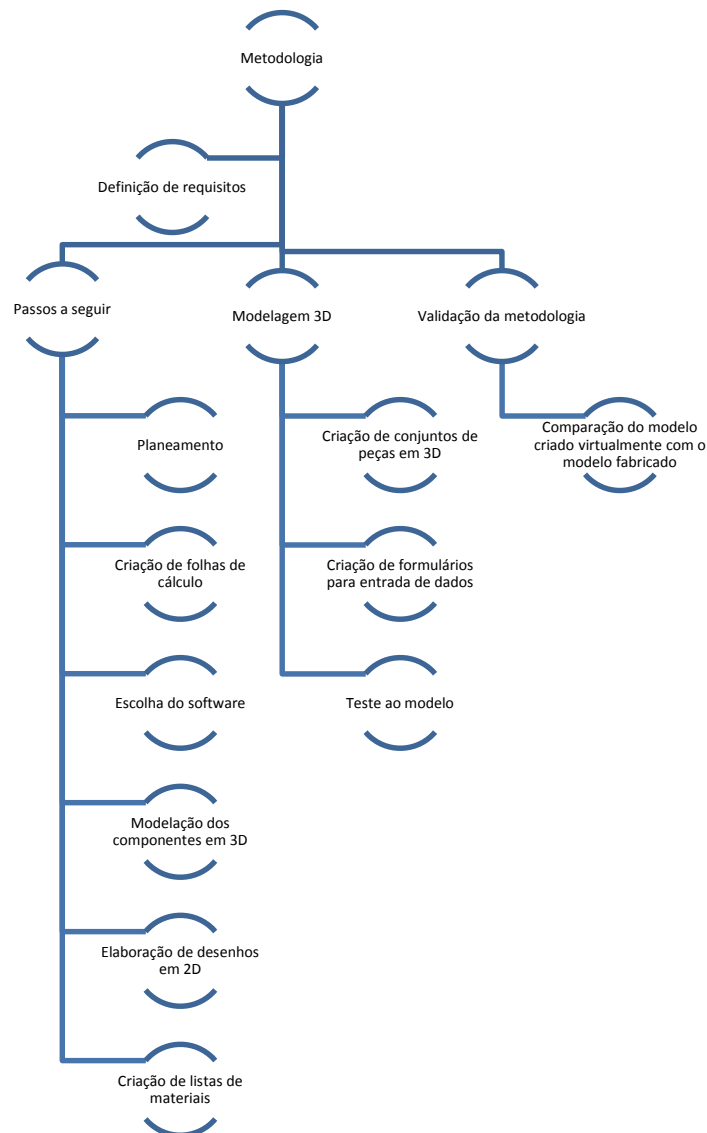
Nas últimas décadas com a adoção da tecnologia de sistemas CAD em três dimensões (3D) podemos dizer que o desenvolvimento de projetos passou de ser físico para digital, bem como os projetos em duas dimensões (2D) passaram para o projeto 3D. Os sistemas em CAD 3D vieram revolucionar a forma como se projeta, modela ou mesmo a forma como se podem simular os modelos. Estas ferramentas têm uma grande importância no projeto, cada vez mais e mais são os projetos elaborados em 3D e mantidos em bibliotecas, com o objetivo de posteriormente poderem ser reutilizados.

Devido aos grandes desafios do mercado, as metodologias avançadas de projeto estão cada vez mais a ser procuradas, por forma a reduzir o tempo exigido para a aquisição do conhecimento nas atividades envolvidas. Com o rápido crescimento da empresa e com a grande falta de tempo, propôs-se à equipa de projeto a implementação de um sistema automático para a parametrização dos equipamentos.

Neste sentido, propõe-se neste capítulo demonstrar como foi desenvolvida a metodologia para parametrização de um Túnel de Tratamento de Superfície (TTS). Este desenvolvimento é baseado em projetos já efetuados e contruídos.

Este sistema está estruturado segundo técnicas de modelagem 3D avançadas, que proporcionam a automatização e padronização na geração de modelos tridimensionais e desenhos de técnicos em resposta à entrada de dados provenientes de especificações de sistemas e cálculos mecânicos.

Pegando no caso concreto do TTS podemos representar através de um pequeno diagrama de que forma será abordado o nosso caso:



*Diagrama 5: Passos do processo*

#### 4.2.1. Definição dos requisitos gerais do sistema

Baseando-nos no esquema anterior e no fluxo de informação do projeto podemos definir as seguintes saídas do software:

1. Desenhos das peças 2D
2. Desenhos de conjunto 2D
3. Criação de listas automáticas de material

Estas saídas são consideradas os requisitos básicos dos sistemas paramétricos, no entanto são impostos outros requisitos para o sistema em função das necessidades e dos recursos usados:

4. O modelo deve consumir o mínimo de recursos computacionais
5. Os parâmetros necessários para a definição do modelo devem estar concentrados num único local
6. Os parâmetros normalizados devem estar contidos em tabelas ou bases de dados
7. O modelo deve conseguir abranger 90% dos casos previstos

Os requisitos 1 e 2 solicitam-nos a geração dos desenhos em duas dimensões quer das peças quer dos conjuntos completos com elevado detalhe. Estes desenhos serão enviados para os fornecedores, para que estes possam fabricar as peças.

O requisito 3 pede-nos a criação das listas de materiais automáticas. Estas listas servem de base para o cálculo de orçamentação e ainda para o Departamento de Compras efetuar a aquisição dos componentes necessários para a montagem da máquina.

O requisito 4 define que o modelo deve possuir robustez que nos permita a sua utilização sem que se corra o risco de ocorrerem erros e sem exigência de computadores com configurações específicas e sem hardware de alta qualidade.

O requisito 5 define que devemos ter apenas um local com toda a informação necessária para minimizar o erro humano na indicação de dados e também para facilitar o acesso aos dados por parte do programa.

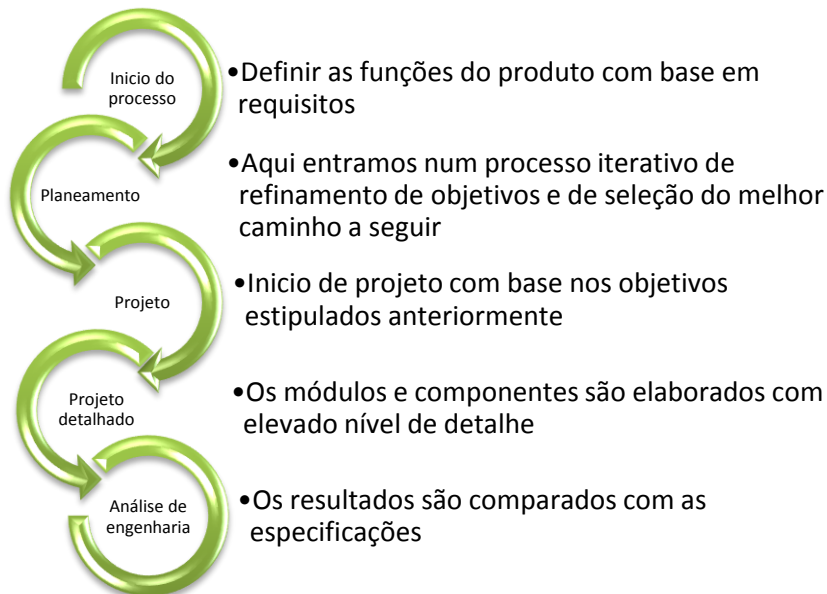
O requisito 6 é, de certo modo, uma extensão do requisito 5 que impõe a criação de bases de dados contendo os parâmetros normalizados. Assim, reduz-se o número de parâmetros de entrada, o que facilita o fluxo de dados e reduz o tempo de execução, bem como os erros que poderiam ser cometidos durante da introdução dos dados.

O requisito 7 explica que o software deve abranger quase todos os casos possíveis, sem que o departamento de projeto tenha que efetuar alterações ou correções.



### 4.2.2. Metodologia de projeto

Para a abordagem do problema existem dois tipos de modelagem possíveis: bottom-up e top-down. No entanto devemos ter em conta algumas considerações acerca do processo de projeto dos nossos equipamentos.



*Figura 26: Considerações de projeto*

As duas primeiras etapas permitem-nos a aquisição de informações acerca do produto. Estas informações serão usadas posteriormente para a fabricação e nos testes de engenharia.

Numa primeira abordagem, as montagens seguem a abordagem Bottom-up. Neste tipo de abordagem as peças são desenhadas com alto nível de detalhe e só posteriormente são montadas no assembly. Neste caso qualquer alteração que seja efetuada às peças, esta não se propaga ao resto da montagem. Importa referir que o facto de as peças apresentarem elevado nível de detalhe, alguns erros que possam ser cometidos no desenho das peças podem causar interferências no modelo.

Numa abordagem Top-Down o projetista começa por ter uma visão global do modelo começando a dividi-lo em sub-conjuntos até atingir o nível das peças. Na abordagem Top-Down o modelo é criado de uma forma geral sendo posteriormente refinado. Na figura 27 está representado um comparativo entre os dois paradigmas.

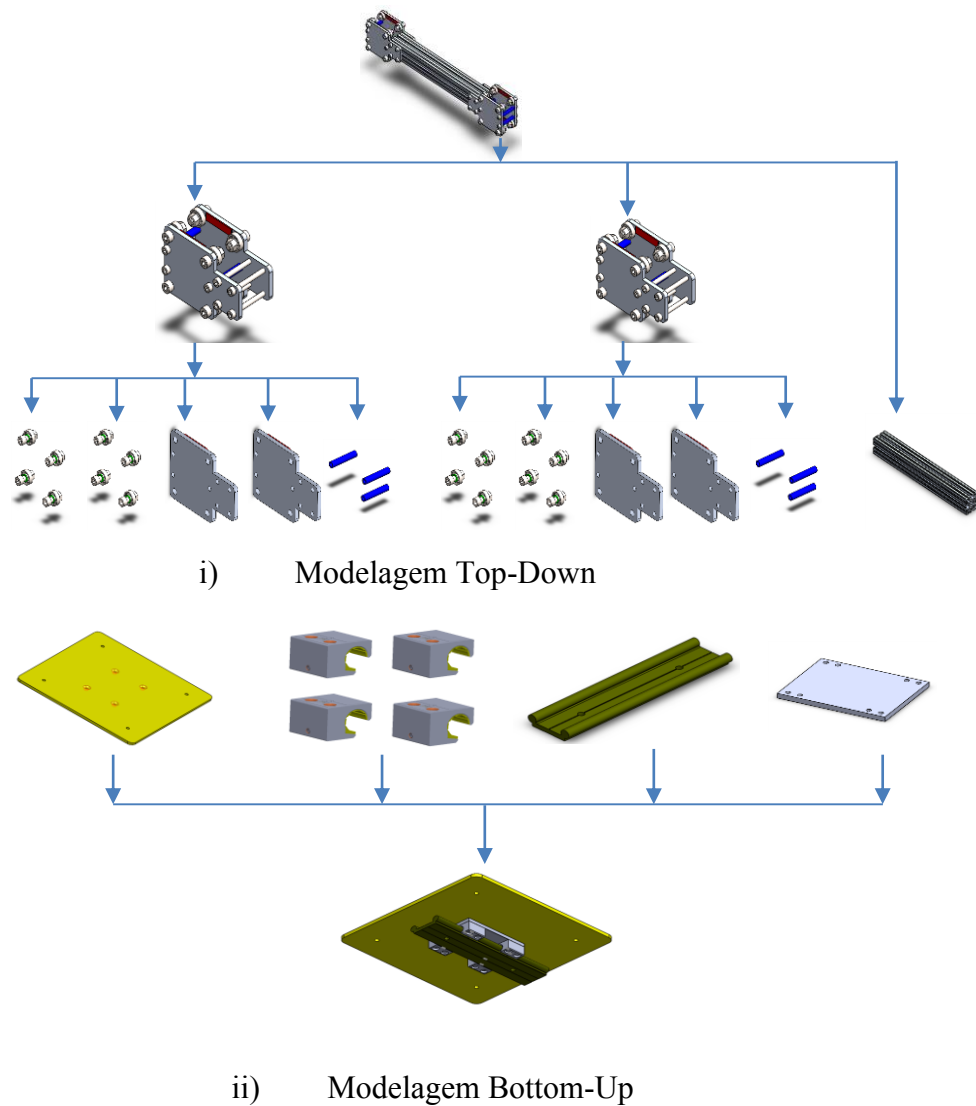


Figura 27: Comparação entre os dois paradigmas

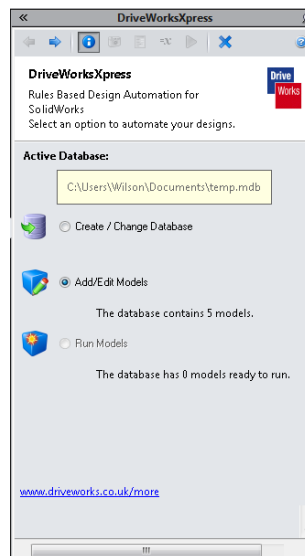
#### 4.2.3. Software

A primeira escolha a ser efetuada, foi qual a melhor abordagem a utilizar de modo a iniciar a elaboração da parametrização.

Através do SolidWorks podemos utilizar:

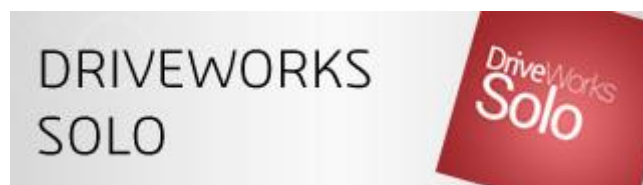
- Equações
- Recursos do Excel
- Driveworks Express

Os dois primeiros tópicos permitem-nos elaborar algum tipo de parametrização, mas de forma muito simples. O DriveWorks Express permite-nos ir mais além. Com este aplicativo conseguimos trabalhar modelos compostos por várias partes de forma simples. Permite-nos a criação de um menu onde serão carregados os valores que queremos dar ao nosso modelo. No entanto, no nosso caso, foi necessário recorrer a um software que tivesse disponível uma maior gama de funcionalidades.



*Figura 28: Menu inicial DriveWorks Express*

Assim, após alguns testes optou-se pelo DriveWorks Solo.



*Figura 29: Logotipo DriveWorks Solo*

Este software funciona de forma semelhante ao DriveWorks Express, mas dispendo de funcionalidades avançadas:

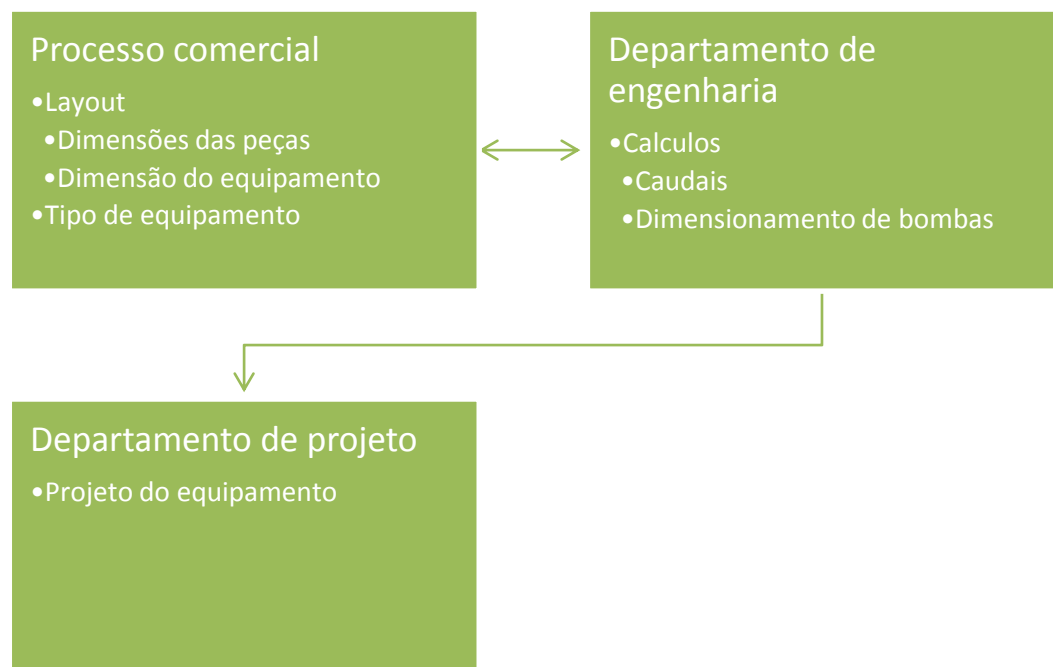
- Formulários
- Listas de materiais automáticas
- Orçamentos automáticos
- Criação de desenhos para fabricação de forma automática
- Visualização dinâmica dos modelos criados
- Entre outros

Este software tem um custo relativamente elevado, na casa dos 11000€ e segundo o fornecedor, ainda não existe em Portugal esta solução implementada.

É importante dizer que a metodologia aqui apresentada se pode adaptar a qualquer sistema CAD 3D. O critério de escolha usado foi o elevado grau de variáveis apresentadas pelos modelos e a possibilidade de se interligar o software com uma página web.

#### 4.2.4. Recolha de informação

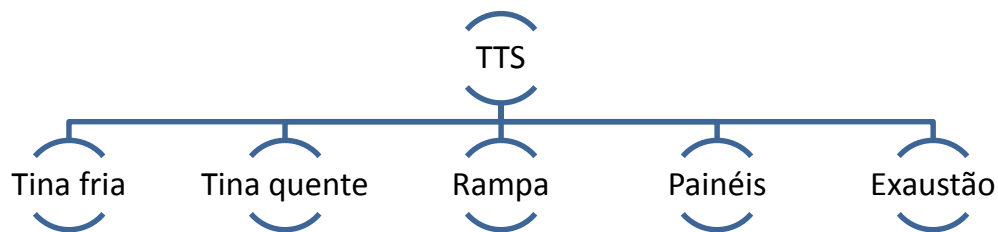
Para se ter uma noção de como são adquiridos os dados para o projeto, devemos ter consciência de como se encontra organizado o processo na empresa.



*Diagrama 6: Processo de aquisição de informação*

Numa primeira fase do projeto o departamento comercial desloca-se ao cliente a fim de obter medidas e informações acerca do que o cliente necessita. Posteriormente este departamento, em conjunto com o departamento de engenharia definem os parâmetros fulcrais para o correto funcionamento do equipamento. Quando concluídos todos os cálculos e layout aprovado pelo cliente o processo passa para o departamento de projeto.

Como foi referido anteriormente, o exemplo que vai ser aqui apresentado refere-se a um Túnel de Tratamento de Superfície (TTS). Assim de modo a se conseguir parametrizar este equipamento, houve a necessidade de o dividir em módulos e para cada um destes módulos foi criado um programa onde é feita a introdução dos dados necessários para a criação do novo modelo.



*Diagrama 7: Estrutura de um TTS*

#### **4.3. Parâmetros necessários para a parametrização**

Para o início da nossa programação foi necessário fazer um pequeno plano de trabalho. Para tal, começou-se por analisar o equipamento a fundo e tentou-se responder a algumas questões:

- i) Qual a dimensão mínima que se deve modelar de forma a se cobrirem todas as hipóteses?
- ii) Quais as peças que vão ser standard?
- iii) Quais os parâmetros de entrada necessários para a modelagem?

Para responder à primeira questão, foi necessário criar a árvore pormenorizada do produto onde se conseguisse visualizar todas as partes constituintes do modelo. Depois de

criada a árvore foi possível indicar quantas peças teriam que ser modeladas para que se cobrissem todas as hipóteses.

A segunda questão refere-se a itens que irão passar a ser sempre iguais, independentemente do tamanho do módulo. Podemos incluir ainda todo o tipo de flanges e acessórios que estão tabelados segundo as normas internacionais.

Utilizando toda a informação recolhida para identificar os parâmetros que vamos dar ao programa podemos dar resposta à terceira questão.

Para o cálculo de um TTS devemos analisar os seguintes parâmetros:

- a) Dimensões das peças a tratar
- b) Altura
- c) Largura Comprimento / profundidade

Tipo de escorrimento:

- a) Fácil
- b) Médio
- c) Difícil

Velocidade ou cadência pretendida:

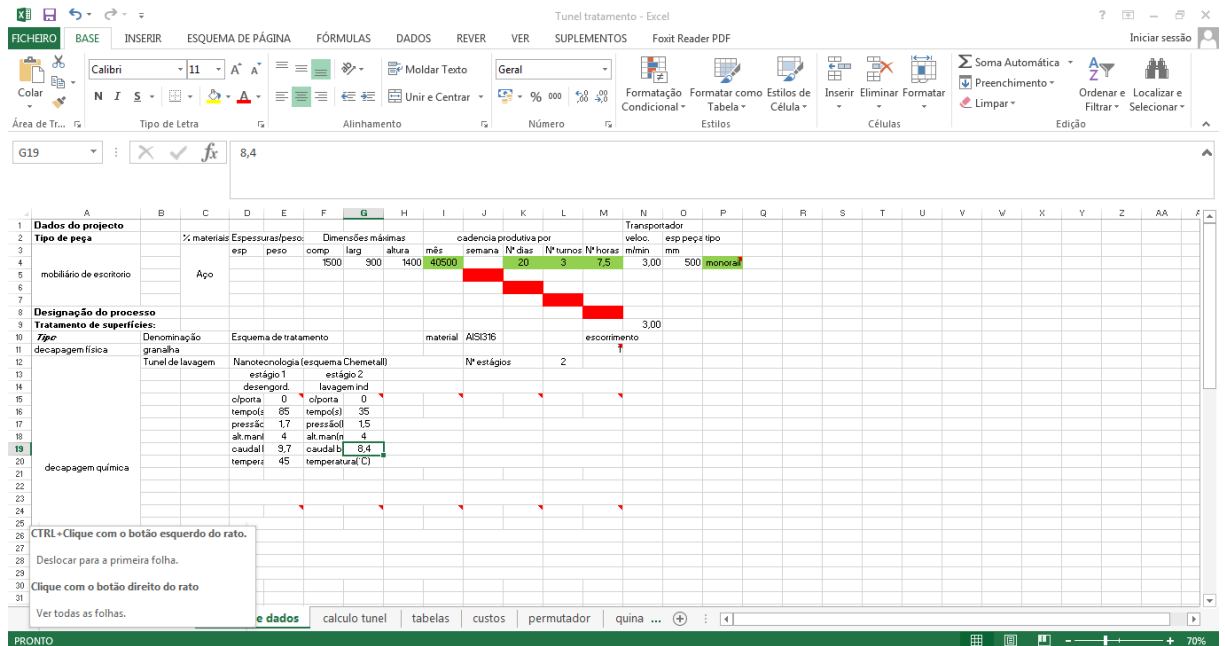
- a) Tempo de tratamento
- b) Caudal dos bicos

Reunindo toda a informação é assim possível determinar completamente o fluxo de informação e partir para a modelagem 3D através da seguinte ordem:

- Criação de uma folha de cálculo contendo dimensões normalizadas e alguns pré-cálculos;
- Modelagem dos componentes em 3D;
- Criação das montagens e sub-montagens em 3D;
- Criação das listas de peças;
- Criação dos desenhos 2D;

#### 4.3.1. Criação de uma folha de cálculo contendo dimensões normalizadas e alguns pré-cálculos

Como primeira análise criou-se uma folha de cálculo onde se executaram todos os cálculos referentes ao TTS. Nesta folha reuniram-se todos os dados de entrada e definiram-se todos os elementos normalizados.



*Figura 30: Folha de cálculo auxiliar*

Neste caso teve-se especial atenção à nomenclatura dos parâmetros que deve ser realizada de forma sistemática para evitar repetições. A nomenclatura utilizada permite a fácil identificação do parâmetro, estando estes organizados em blocos, o que facilita a leitura da folha de cálculo. Esta folha de cálculo dispõe de comentários que ajudam o utilizador a perceber o seu funcionamento. Após o término deste auxiliar passou-se para a modelagem 3D tendo como base esta folha de cálculo.

#### 4.3.2. Modelagem 3D / Criação de sub-montagens

No que diz respeito à modelagem em 3D, este trabalho parte de dados extraídos da folha de cálculo anterior. Cada peça é criada e guardada separadamente, no entanto estas podem ser editadas diretamente no desenho de montagem.

Durante a criação das peças, são-lhes atribuídos nomes nas dimensões. Estes nomes vão facilitar, numa fase posterior, a identificação da peça que se pretende.

A criação das sub-montagens acompanha o mesmo princípio da criação das peças.

#### **4.3.3. Criação da lista de peças**

A lista de peças e os desenhos 2D, são um dos principais requisitos do software. Estas listas têm como propósito a minimização ou eliminação dos erros que ocorrem quando o projetista, quer por lapso ou por esquecimento, não indicou as quantidades necessárias.

Esta lista está ligada ao software de gestão da empresa, e assim, o Departamento de Compras tem acesso direto à lista de material necessário para aquela obra em específico.

#### **4.3.4. Criação de desenhos 2D**

Os desenhos em duas dimensões (2D) são o objetivo do sistema paramétrico, e são os documentos que serão enviados para a posterior construção do equipamento. As quantidades e tipos de desenhos 2D necessários para toda a operação de fabrico são definidos por normas e seguem uma metodologia, independente do cliente. Estes dados são levantados na definição do objetivo do trabalho. Para o TTS são requeridos desenhos em 2D das peças, dos subconjuntos, dos conjuntos, das listas de material utilizado e um relatório dos valores introduzidos.

A criação automática de vistas para o desenho 2D é uma ferramenta presente em todos os softwares CAD no entanto a forma de trabalho dependerá do software disponível.

Na maior parte dos casos a partir do fato de todos os modelos e desenhos serem pré-desenhados com a entrada de parâmetros, todas as atualizações ocorrem sem problemas. Para o caso dos desenhos de montagem pode ser necessário algum retrabalho, principalmente no que diz respeito a balões para indicação de item nas listas de materiais e cotas, que são ligados às arestas da peças e quando elas são atualizadas pode ocorrer a perda de referência.

#### **4.4. Validação da metodologia**



Esta metodologia será validada mediante a modelagem de um TTS. Este é um equipamento bastante complexo e dá-nos uma visão global do que se pode fazer com este tipo de metodologia. Depois de criados os desenhos 2D e as listas de material este modelo segue para a produção sendo depois analisado pelo Departamento de Qualidade.



## Capítulo 5

### 5. Resultados

Neste capítulo é exposto um caso prático da metodologia de parametrização aplicada a um TTS.

Este estudo é apresentado de acordo com as etapas descritas anteriormente que compõe o processo de parametrização.

- Planeamento
- Criação de folhas de cálculo
- Modelagem 3D
- Criação de listas de material
- Criação de desenhos 2D

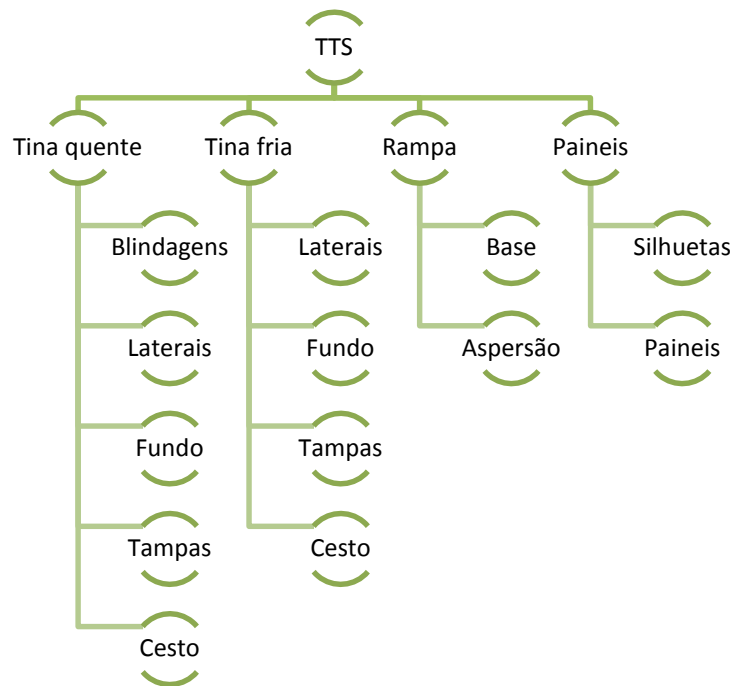
Como foi referido anteriormente, o planeamento é uma das etapas mais importantes para a parametrização de equipamentos mecânicos. Este planeamento é composto por perguntas que nos darão o auxílio necessário para obtermos um planeamento organizado:

- i) Qual a dimensão mínima que se deve modelar de forma a se cobrirem todas as hipóteses?
- ii) Quais as peças que vão ser standard?
- iii) Quais os parâmetros de entrada necessários para a modelagem?

As respostas às questões anteriores, para um TTS, são apresentadas nos próximos itens.

#### 5.1. Questão i)

A primeira questão refere-se ao modelo global do TTS, à quantidade de peças que é necessário modelar e à organização hierárquica entre elas. No Diagrama 8 está apresentada a árvore do produto de forma simplificada.



*Diagrama 8: Árvore do produto simplificada*

A criação da árvore do produto simplificada teve como critério a facilidade de montagem por parte da produção. As quantidades de peças vão variar de acordo com as dimensões estipuladas para cada módulo.

## 5.2. Questão ii)

Para responder a esta questão efetuou-se uma análise a projetos antigos que dispõem de equipamentos semelhantes, sendo possível verificar que muitas das peças eram iguais. A Tabela 1 apresenta todas as peças que foram consideradas standard:

Tabela 1: Peças standard

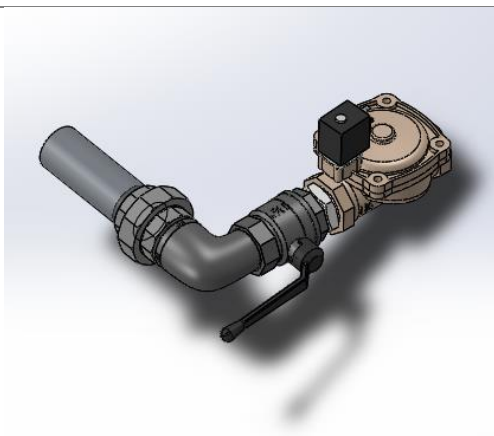


Figura 31: Conjunto de válvulas de reposição de nível

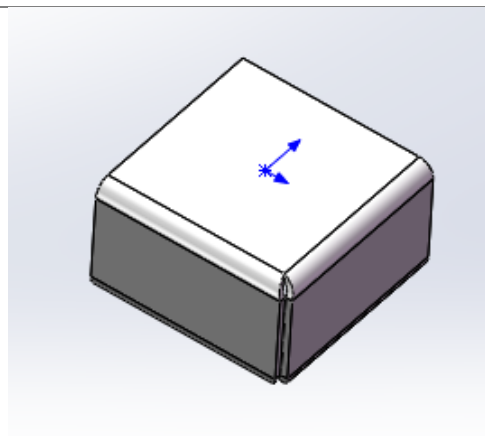


Figura 32: Canto da tina

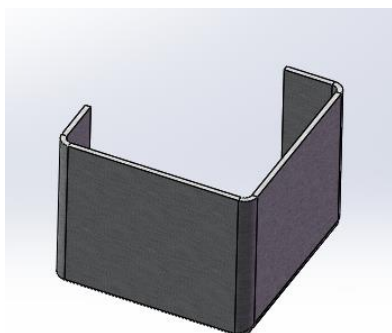


Figura 33: Pé da tina

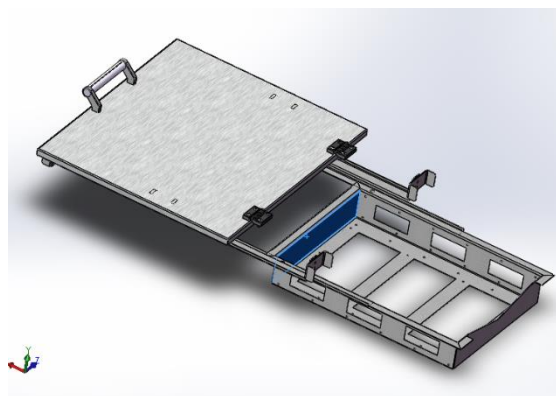


Figura 34: Porta / cesto

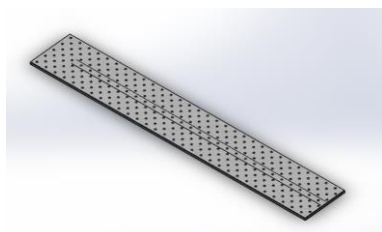


Figura 35: Passerel

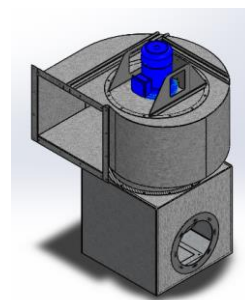


Figura 36: Ventilador de exaustão

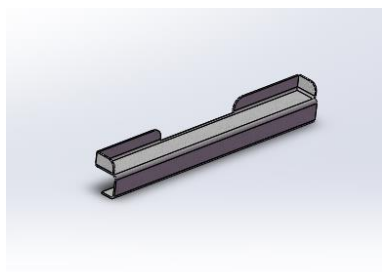


Figura 37: Apoio da passerel

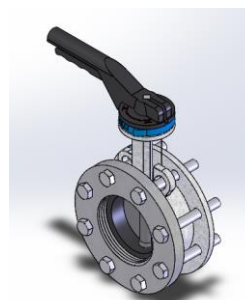


Figura 38: Válvula de esgoto

### 5.3. Questão iii)

Para definir um TTS precisamos de saber quais as dimensões das peças que se vão tratar. Com estes dados já conseguimos definir as dimensões do gabarito de entrada e de saída. Para se definir a zona de molhagem precisamos de saber qual o tempo de ciclo, qual a velocidade do transportador e qual o comprimento da peça. Por último devemos saber qual o caudal dos bicos para que seja possível calcular o volume das tintas.

### 5.4. Modelagem 3D

Para a modelagem 3D utilizamos um modelo pré-existente e definiu-se que este seria a nossa base de trabalho. Assim começou-se por se separar todas as peças do modelo atribuindo-lhes novos nomes. Posteriormente passou-se para o início da parametrização propriamente dita.

O primeiro módulo a ser parametrizado é a rampa. Daqui surgirão alguns valores que são necessários para a criação dos restantes.

Como é descrito no subcapítulo 3.2 a rampa é composta por duas zonas neutras e zona de molhagem. Por sua vez estas zonas podem ser compostas por diversas peças (chapas), que estão definidas de acordo com o tamanho de chapa standard. A Figura 39 apresenta o modelo pré-existente.

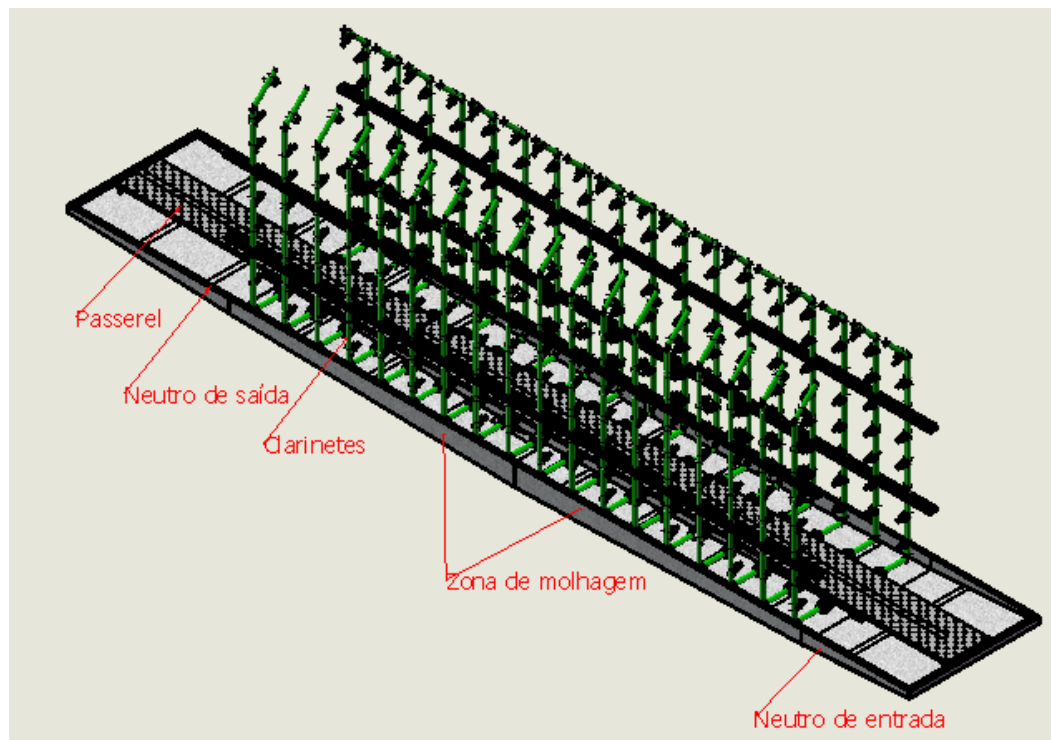


Figura 39: Rampa com clarinetes

Como foi referido anteriormente, todas as peças do modelo foram renomeadas e editadas de forma a se produzirem novos subconjuntos e definir nomes para todas as medidas necessárias. As figuras que se seguem demonstram como foram editadas as peças constituintes da rampa.

Relativamente ao trabalho desenvolvido no Solidworks, o primeiro passo foi ativar os nomes de todas as dimensões para que sejam facilmente identificadas (Figura 40).

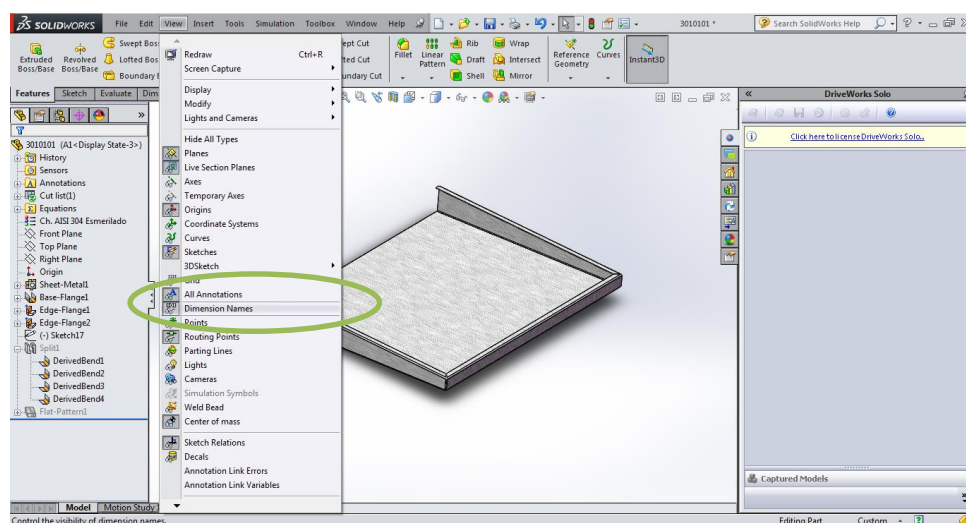


Figura 40: Menu view

Posteriormente, edita-se o sketch, onde se encontra o Esqueleto do modelo 3D e modificam-se os nomes das medidas que se pretendem parametrizar (Figura 41). No entanto estas modificações podem não ser limitadas ao esqueleto do modelo, sendo alteradas também no modelo 3D (Figura 42).

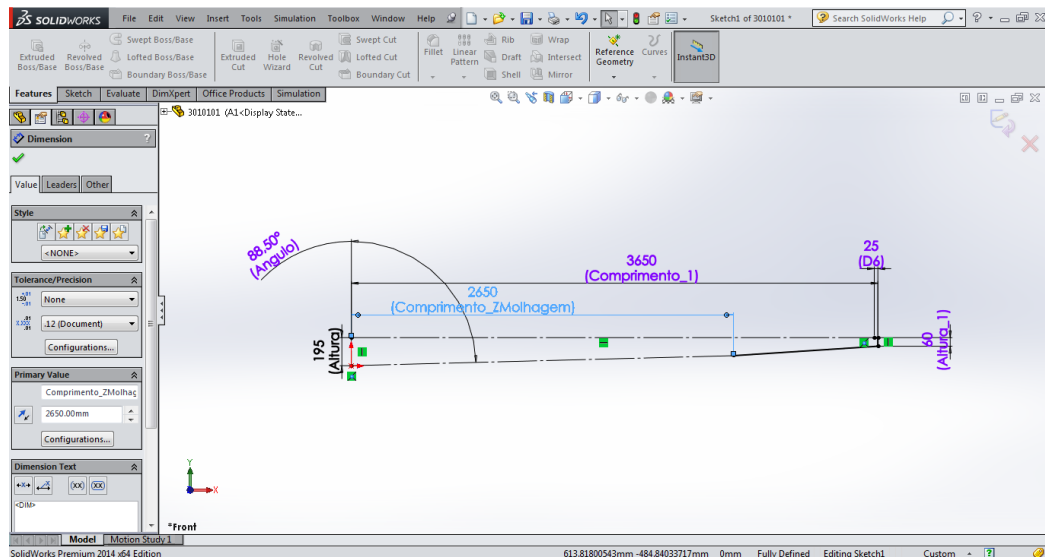


Figura 41: Esqueleto do neutro de entrada

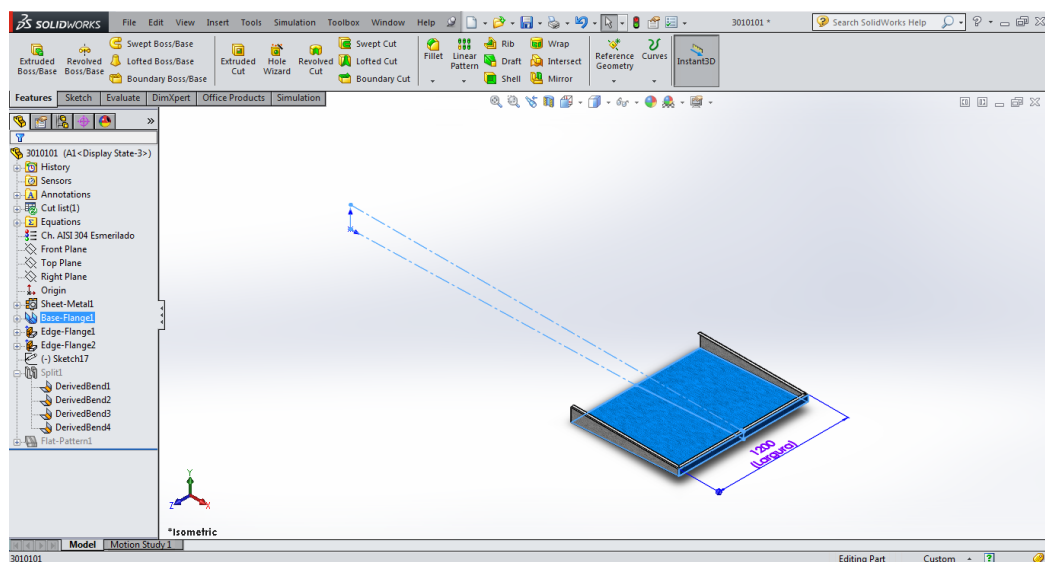


Figura 42: Alteração dos parâmetros no modelo 3D

A duas alterações efetuadas anteriores vão ser semelhantes para todas as peças durante todo o processo de aquisição de dados. No entanto, e devido à complexidade do modelo, não



são apenas as medidas dos arquivos esqueleto das peças que vão ser capturados. No caso da rampa vamos ter algumas variações que estão representas no Diagrama 9.

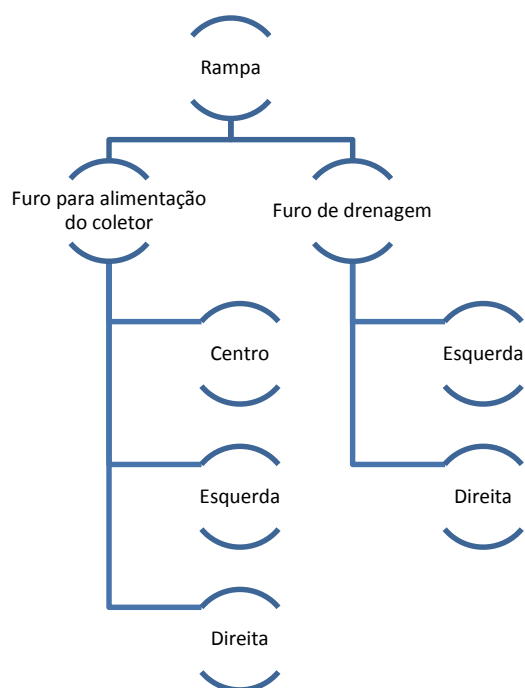


Diagrama 9: Variações nas rampas

Para ser possível controlar e abranger todos estes casos será necessário atribuir nomes aos Features correspondentes a cada opção e capturá-los de forma semelhante às dimensões. Na Figura 43 podemos observar as várias hipóteses para abranger todas as variações descritas no diagrama anterior. Estas Features podem ou não estar visíveis no modelo pré-existente.

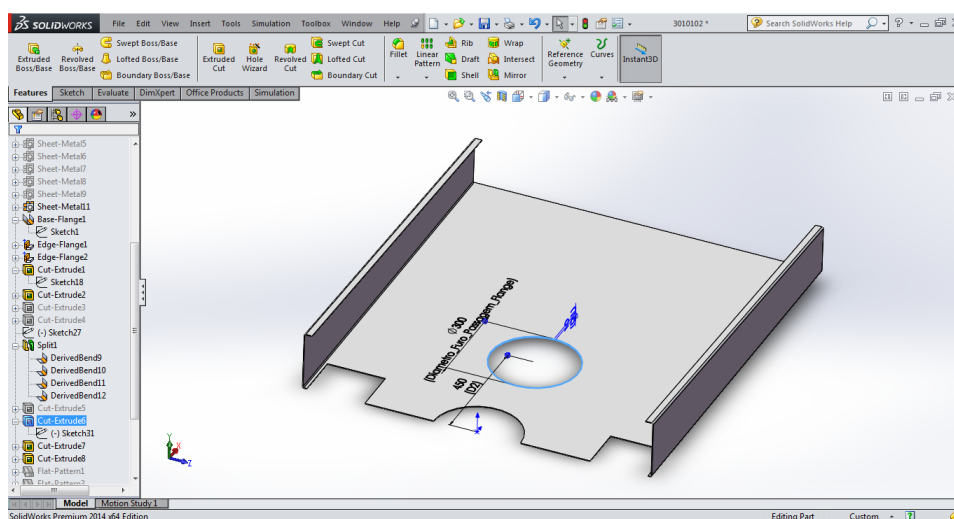


Figura 43: Parte da zona de molhagem

Nos exemplos referidos anteriormente, apenas é apresentada metade da rampa, uma vez que a outra metade segue os mesmos passos variando apenas no nome e algumas dimensões.

Assim, capturam-se todos os Features e medidas desejadas para o DriveWorks Solo. Para que seja possível efetuar esta operação, deve-se em primeiro lugar fazer uma captura das peças para o software, como explica a Figura 44. Posteriormente, adquirem-se as dimensões e Features de cada peça como mostra a Figura 45.

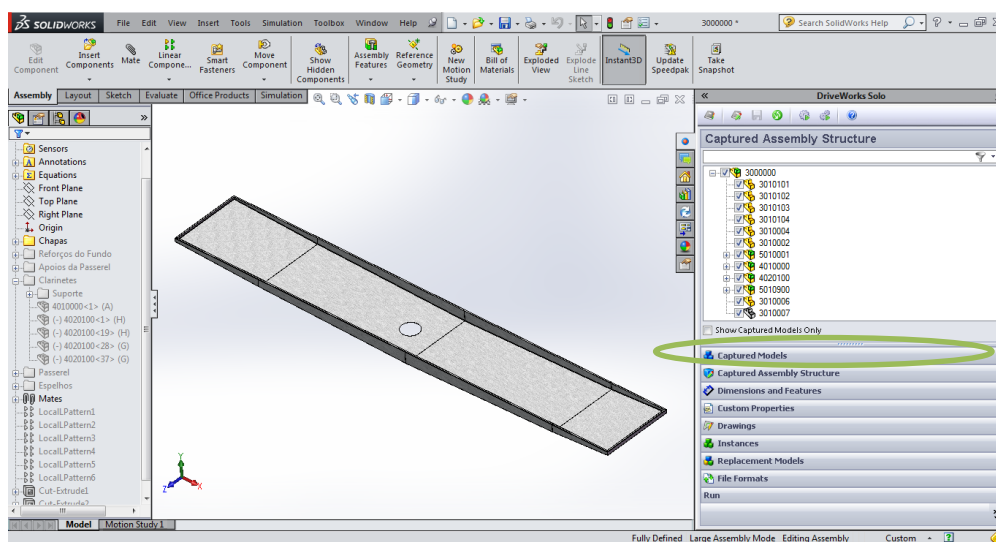


Figura 44: Captura das peças do modelo

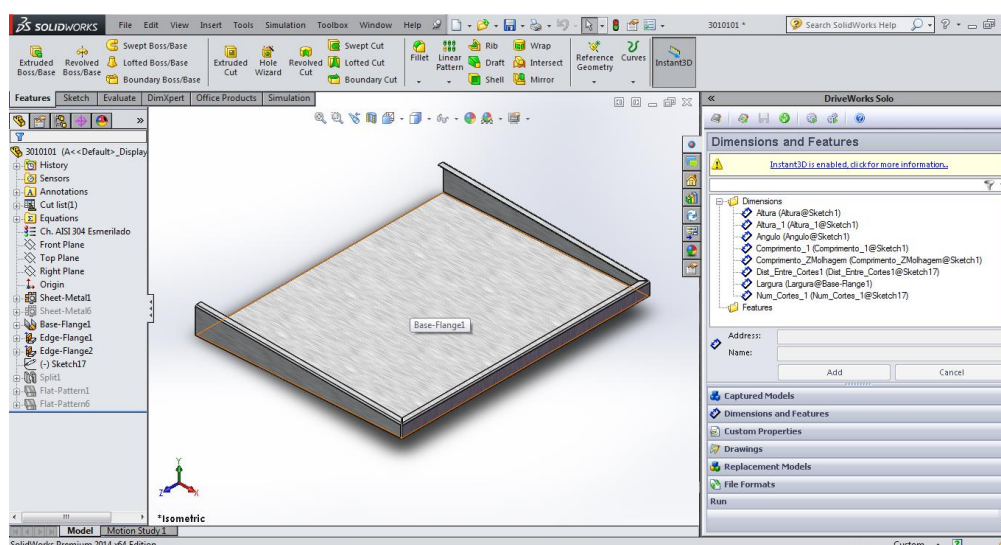


Figura 45: Aquisição de dimensões

Numa fase posterior, após o término destes passos, possuímos meios de parametrizar as duas zonas da rampa.

Inicia-se o processo com a criação de um formulário para entrada de dados. Aqui vão ser introduzidos todos os dados recolhidos anteriormente procedendo-se assim ao preenchimento do formulário apresentado na Figura 46.

The screenshot shows the 'intellysys' software interface. At the top left is the logo and name 'intellysys' with the tagline 'SURFACE COATING & SOLUTIONS'. Below this is a dropdown menu labeled 'Túneis de tratamento de superfície'. To the right is a client information section with fields for 'Cliente', 'OF', 'Designação' (with a dropdown showing '01'), and 'Estágio' (with a dropdown showing '1'). The main area is divided into several sections: 'Dimensões da peça' with fields for 'Altura', 'Comprimento', 'Largura', and 'Espaço entre peças'; 'Transportador' with fields for 'Velocidade' and a dropdown for 'Tipo' (set to 'Monorail'); 'Capacidades' with radio buttons for 'Mês', 'Semana', 'Dia', and 'Velocidade' (selected), and a text field for '40500'; 'Tempo de abertura' with fields for 'Nº dias', 'Nº turnos', and 'Nº horas'; 'Altura de entrada do gabarito' with a text field for '1100'; 'Esquema de tratamento' with fields for 'Tempo (s)', 'Pressão (bar)', 'A. Manométrica (m)', and 'Caudal bicos (l/min)'; and 'Temp (°C)' and 'Pernutador' (with radio buttons for 'Interno' and 'Externo', where 'Externo' is selected).

Figura 46: Formulário principal

Todos os dados aqui introduzidos vão ser reencaminhados para uma variável de modo a facilitar a sua interligação com o código de programação. Estas variáveis têm ainda como função a escolha do parâmetro de entrada, isto é, na Figura 47 podemos ver duas hipóteses possíveis para o cálculo da velocidade. Calcular a velocidade através da cadência da linha ou introduzir diretamente o valor da velocidade pretendida. A cadência indica-nos quantas peças se produzem em determinado espaço de tempo. A Figura 48

Figura 47 apresenta todas as variáveis necessárias à parametrização da rampa.

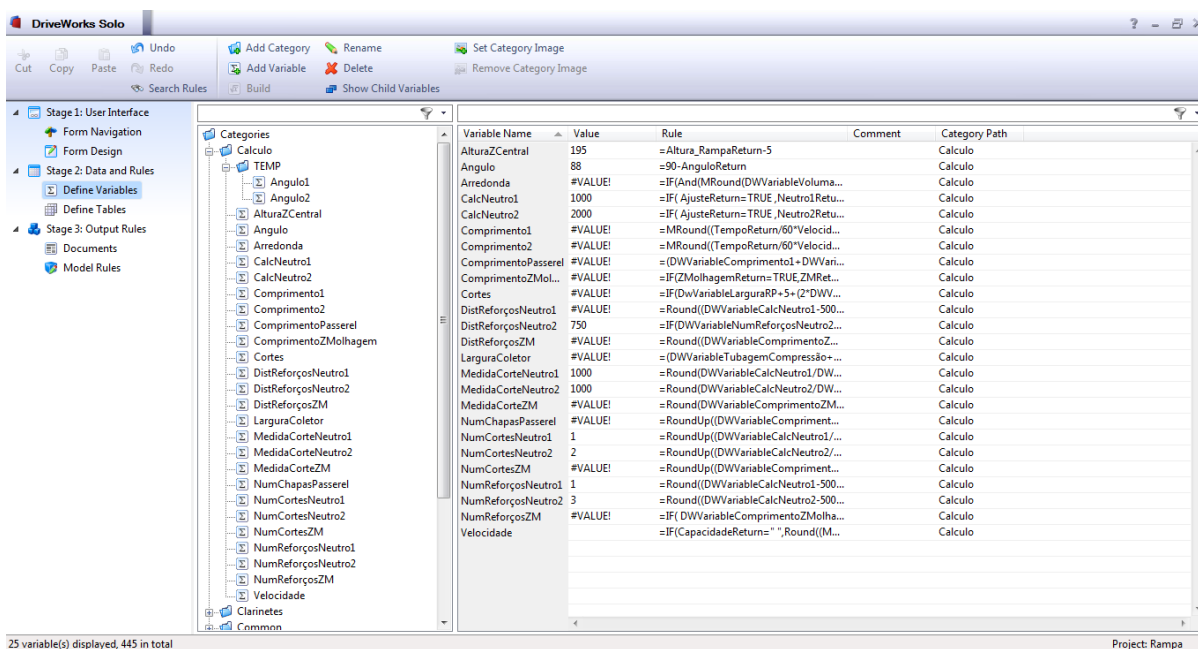


Figura 47: Variáveis da rampa

Internamente, as variáveis possuem códigos de forma a ser possível executar todos os cálculos necessários. Para o caso da zona de molhagem, a sua dimensão vai variar de acordo com a velocidade do transportador, distância entre clarinetes e tempo necessário. A Figura 48 mostra o código utilizado para o cálculo.

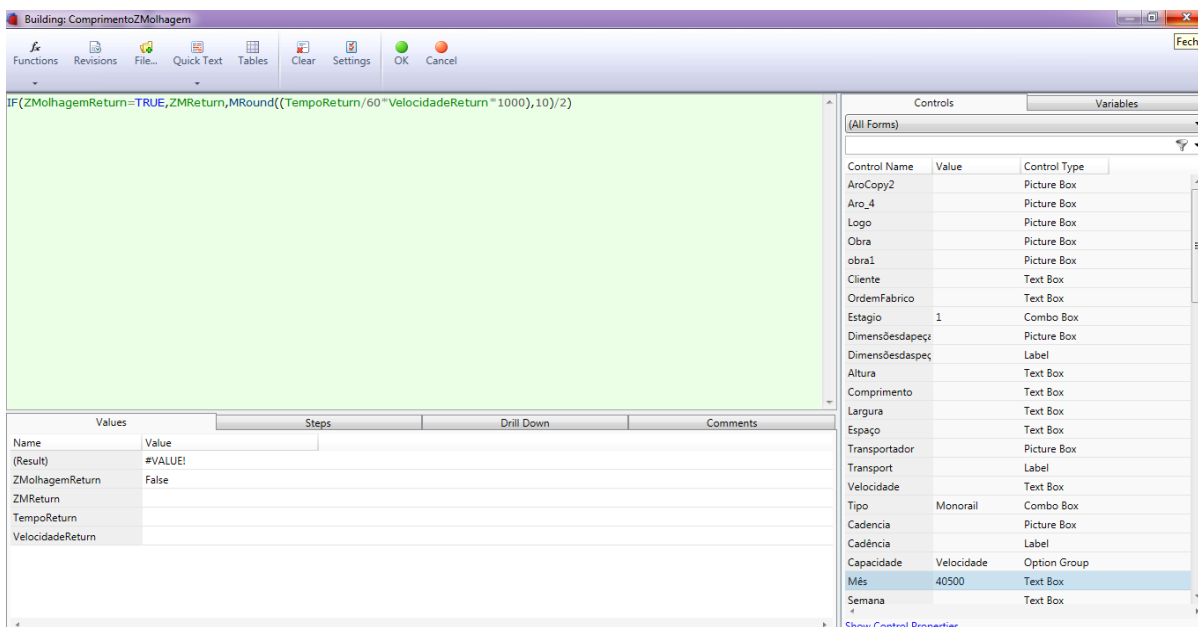


Figura 48: Cálculo da zona de molhagem

Relativamente aos clarinetes, é necessária a importação das folhas de cálculo para o DriveWorks, pois tal como já foi referido, é nela que estão contidos os valores normalizados ou standarizados pela Solintellysys. A Figura 49 mostra a tabela de valores para a parametrização das flanges do circuito hidráulico.

|    | A   | B         | C    | D     | E   | F | G   | H   | I      | J  | K |
|----|-----|-----------|------|-------|-----|---|-----|-----|--------|----|---|
| 1  | DN  | Polegadas | a    | b     | D   | E | K   | QTD | Medida | d  |   |
| 2  | 15  | 1/2       | 18   | 19    | 115 | 8 | 90  | 4   | 10     | 14 |   |
| 3  | 20  | 3/4       | 23   | 24    | 120 | 8 | 95  | 4   | 10     | 14 |   |
| 4  | 25  | 1         | 28   | 29    | 125 | 8 | 100 | 4   | 10     | 14 |   |
| 5  | 32  | 1 1/4     | 38   | 39    | 132 | 8 | 107 | 4   | 12     | 18 |   |
| 6  | 40  | 1 1/2     | 43   | 44    | 140 | 8 | 115 | 4   | 12     | 18 |   |
| 7  | 50  | 2         | 50.8 | 51.8  | 150 | 8 | 125 | 4   | 12     | 18 |   |
| 8  | 65  | 2 1/2     | 73   | 74    | 165 | 8 | 140 | 4   | 12     | 18 |   |
| 9  | 80  | 3         | 84   | 85    | 180 | 8 | 155 | 8   | 12     | 18 |   |
| 10 | 100 | 4         | 104  | 105   | 200 | 8 | 175 | 8   | 12     | 18 |   |
| 11 | 125 | 5         | 129  | 130.5 | 225 | 8 | 200 | 8   | 12     | 18 |   |
| 12 | 150 | 6         | 154  | 155.5 | 250 | 8 | 225 | 8   | 14     | 22 |   |
| 13 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 14 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 15 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 16 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 17 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 18 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 19 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 20 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 21 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 22 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 23 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 24 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 25 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 26 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 27 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 28 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 29 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 30 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 31 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 32 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 33 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 34 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 35 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |
| 36 |     |           |      |       |     |   |     |     |        |    |   |

Figura 49: Tabela de valores

O mesmo se sucede com as medidas dos clarinetes e dos neutros quando não é imposta qualquer restrição de espaço por parte do layout disponível.

Como já foi referido, este aplicativo possui ainda como função a criação de listas de materiais e desenhos 2D. Em ambos os casos, tanto as listas como os desenhos foram criados anteriormente e só depois parametrizados. A lista de material não é 100% automática, visto que no modelo não estão apresentados todos os parafusos, porcas e outros materiais. Ao ter todos estes pormenores no modelo estar-se-ia a gastar recursos informáticos de forma desnecessária. Assim, contabilização das quantidades necessárias é feita internamente durante a programação, passando apenas para a listagem as quantidades necessárias. Quando se criou a lista foi indicada designação de cada elemento.



Equipamento:

Módulo: 30000000 - Rampa

## Lista de peças

Ordem de fabrico: 16540-011

Data: 16 outubro 2014

| ITEM | REFERÊNCIA | REFERÊNCIA INTERNA | DESCRIÇÃO                   | QTD |
|------|------------|--------------------|-----------------------------|-----|
| 1    | 4020100    | -----              | Ponteira roscada inox 1 1/4 | 14  |
| 2    | 4020001    | -----              | Bico _____                  | 140 |
| 3    | -----      | -----              | Parafuso M8X16 inox         | 4   |
| 4    | -----      | -----              | Parafuso M8X16 inox         | 4   |
| 5    | 4030102    | -----              | Flange inox 130.5x225       | 1   |
| 6    | 4030101    | -----              | Tubo de D125mm              | 0.1 |

*Figura 50: Lista de peças*

No que diz respeito aos desenhos em 2D sentiu-se a necessidade de alterar todos os templates de desenhos para que estes recebessem os novos comandos vindos do software. Estes comandos são baseados em equações e vão contabilizar todas as peças que contenham o mesmo código. Desta forma reduz-se a probabilidade de se cometerem erros ao nível das quantidades.

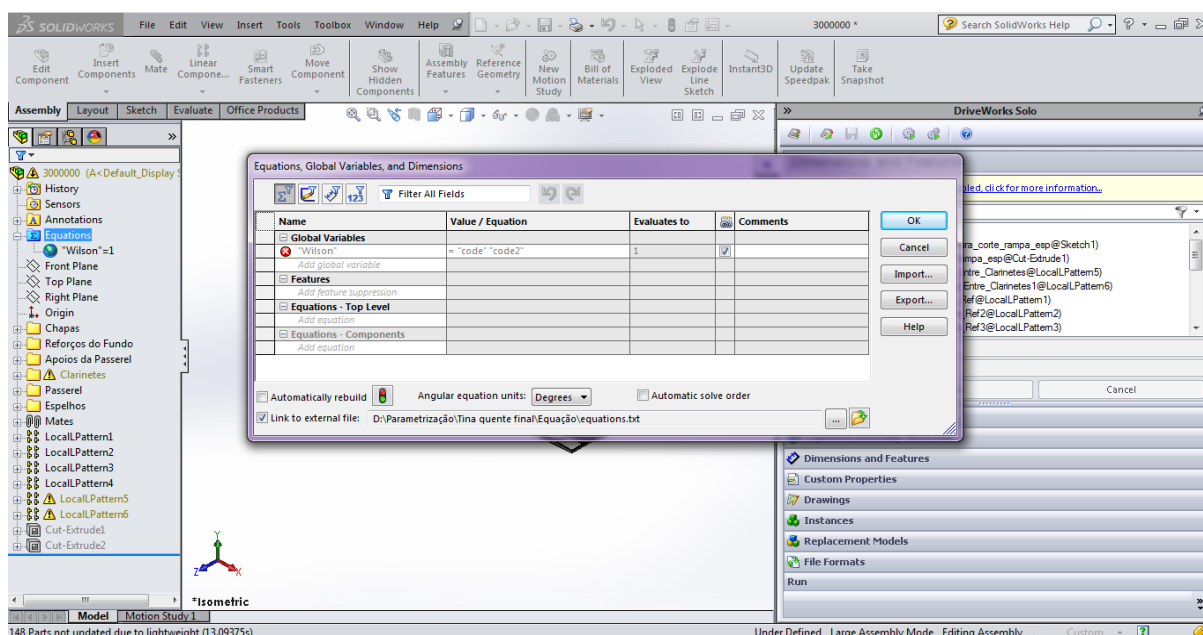
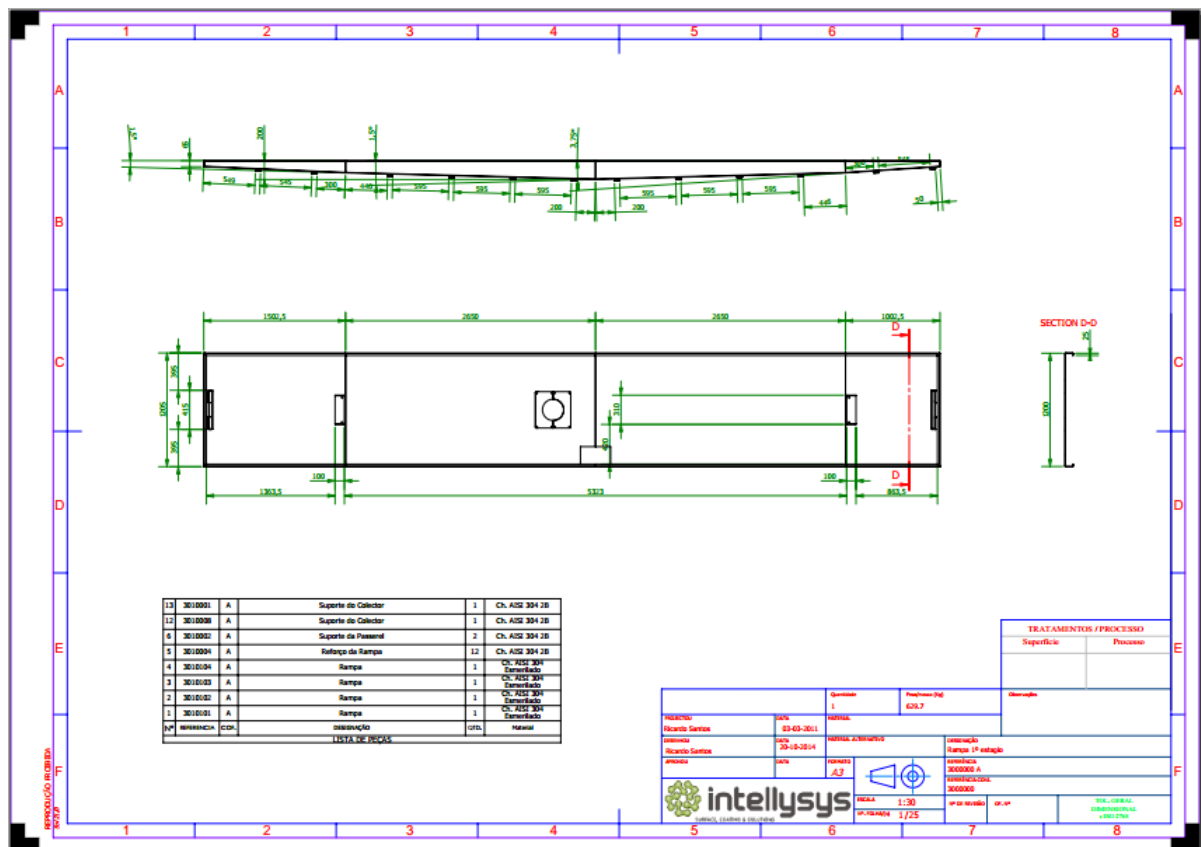


Figura 51: Excerto de código da equação

Os desenhos foram criados para todas as peças incluindo as configurações contidas em cada uma delas e são atualizados automaticamente quando o desenho 3D sofre alteração. Estes desenhos encontram-se na mesma pasta dos desenhos 3D e foram programados para que se uma das peças for apagada do assembly geral, o desenho correspondente não vai seguir para a produção.

Devido à complexidade dos modelos e também por não se poder considerar um equipamento standard levanta-nos uma questão no que diz respeito às cotas dos desenhos 2D. Considerando que algumas das peças são apagadas, no desenho 2D as cotas perdem as relações que mantinham com as referidas peças e permanecem visíveis. Este caso não se pode verificar e deste modo foi criada um pequeno aplicativo que reconhece as cotas que perderam as relações e apaga-as do desenho. A Figura 52 mostra o desenho de conjunto da rampa.



*Figura 52: Desenho de conjunto da rampa*

Como seria demasiado complicado, quer a nível de recursos informáticos quer a nível de programação, o TTS foi dividido em 4 programas, sendo o programa da rampa o principal. Neste programa está contida toda a base de cálculo do TTS. No entanto é necessário fazer a interligação dos diferentes programas. Esta interligação é feita pelo operador que recebe um relatório com os valores necessários para a criação dos restantes módulos. O referido relatório apresentado na Figura 53 é criado automaticamente pelo programa da rampa.



**Ciente / Obra**

Comercial10

16540-011

16 outubro 2014

**Dimensões da peça**

"Comprimento - 700mm"

"Altura - 2200mm"

"Largura - 750mm"

**Gabarito**

"Altura de entrada - 1200mm"

"Altura - 2500mm"

"Largura - 900mm"

**Transportador**

"Velocidade - 1m/min"

"Tempo - 120s"

**Dados de aspersão**

"Caudal - 12.9 l/min"

"Pressão - \*\*\*\*\*"

"Altura manométrica - \*\*\*\*\*"

"Temperatura - 45"

**Clarinetes**

"Número de bicos - 140 UNI"

"Número de clarinetes - 7 UNI"

"Distância entre clarinetes - 300 mm"

**Rampa**

"Comprimento ZM - 2000 mm"

"Neutro ent - 2200 mm"

"Neutro saída - 1000 mm"

"Comprimento da rampa - 5205 mm"

"Ângulo sec - 2.6"

**Outros dados**

"Volume - 4500 l"

"Tipo de estágio - Entrada"

"Escoamento - Lado esquerdo"

"Posição da bomba - Direito"

Documento processado automaticamente.

*Figura 53: Relatório de valores*

Atendendo que o processo não é totalmente automatizado e que após a execução de alguns testes foram identificados pequenos erros, procedeu-se à criação de uma check list que visa ajudar o projetista a identificar todos os pontos que possam conter erros. Esta check list serve ainda para identificar operações que não são possíveis efetuar automaticamente. A Figura 54 representa a check list para o módulo da tina quente.

|  |                       | <b>CHECK LIST</b><br><b>VERIFICAÇÃO DO PROJETO</b>           |             |                | Ordem Fabrico Nº: _____<br>De: _____<br>Até: _____ |             |
|---|-----------------------|--|-------------|----------------|--|-------------|
| IDENTIFICAÇÃO DA OBRA   |                       |  |             |                |  |             |
| Designação: _____   |                       |  |             | Cliente: _____ |  |             |
| DESCRIÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES  |                       |  |             |                |  |             |
| Nº  | Assunto               | Descrição  | Confirmação |                |  | Observações |
|   |                       |  | Sim         | Não            | NA   |             |
| 1   | Fundo                 | Verificar medidas no modelo 3D                               |             |                |  |             |
|   |                       | Utilizar a ferramenta split para dividir o fundo             |             |                |  |             |
| 2   | Reforços de fundo     | Verificar o posicionamento dos reforços no modelo 3D         |             |                |  |             |
|   |                       | Ativar a funcionalidade Cavity e selecionar o novo fundo     |             |                |  |             |
| 3   | Furos nas laterais    | Efetuar o furo de esgoto na estrutura                        |             |                |  |             |
|   |                       | Efetuar o furo de esgoto na blindagem                        |             |                |  |             |
|   |                       | Colocar permutador no modelo 3D                              |             |                |  |             |
|   |                       | Efetuar os furos para a colocação do permutador na estrutura |             |                |  |             |
|   |                       | Efetuar os furos para a colocação do permutador na blindagem |             |                |  |             |
| 4   | Verificar desenhos 2D | Verificar cotas e posicionar se necessário                   |             |                |  |             |
|   |                       | Fazer desenhos do fundo                                      |             |                |  |             |

Legenda: NA = Não Aplicável

Dep. Projeto: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

SEN 132/21

Pág. 1/4

Figura 54: Check list de verificação

## 5.5. Desempenho do sistema

O tempo consumido para a criação do sistema parametrizado de um TTS foi de aproximadamente 640 horas, considerando que o trabalho foi desenvolvido após a aquisição das competências necessárias para trabalhar com o programa.

Os modelos gerados foram testados para algumas dezenas de equipamentos com dimensões variadas e diversas configurações. Foi assim elaborada uma pequena tabela que

nos permite comparar os tempos médios consumidos para a elaboração destes equipamentos de 3 estágios de forma tradicional e de forma automatizada.

*Tabela 2: Tempos consumidos*

|                              | Tempo consumido – projeto convencional | Tempo consumido – projeto automatizado |
|------------------------------|--|--|
| Tina quente                  | 25 Horas                               | 30 Min                                 |
| Tina fria                    | 20 Horas                               | 20 Min                                 |
| Rampa                        | 35 Horas                               | 10 Min                                 |
| Painéis                      | 15 Horas                               | 10 Min                                 |
| Montagem geral / verificação | 2.5 Horas                              | 25 Horas                               |
| Desenhos 2D                  | 52.5 Horas                             | 10 Hora e 20 Min                       |
| Verificação de desenhos      | 0 Min                                  | 2.5 Horas                              |
| Listas de material           | 1 Hora                                 | 0 Min                                  |
| Total                        | 151 Horas                              | 40 Horas                               |

Como se pode constatar na [Tabela 2](#), o tempo total gasto para a criação de raiz de um TTS de 3 estágios pelo sistema paramétrico foi de aproximadamente 25% do tempo gasto pelo sistema convencional. Este ganho de tempo não foi mais elevado devido a problemas detetados durante a execução dos modelos parametrizados.

No que diz respeito aos desenhos em 2D verifica-se que no projeto convencional 2/3 do tempo são direcionados para a sua realização. Por analogia podemos verificar que se obteve um ganho de aproximadamente 80% nesta etapa.

Podemo-nos servir do mesmo raciocínio para as listas de materiais, mas ao contrário dos outros, aqui obteve-se um ganho de 100%, uma vez que as listas saem de forma automática dos diversos módulos.



## Capítulo 6

### 6. Discussões

#### 6.1. Análise global

A metodologia que foi desenvolvida foi aplicada com a utilização de alguns softwares: Microsoft Excel, DriveWorks Solo e Solidworks 2014. Para o início do processo utilizou-se o Microsoft Excel para fazer a aglomeração de todos os dados. Estas tabelas apenas serviram de auxílio ao programa, não havendo qualquer ligação entre os Softwares de CAD e a tabela.

Durante a programação no DriveWorks sentiu-se a necessidade de voltar à montagem geral e alterar alguns assemblys. Isto deve-se a dificuldades encontradas ao nível da programação no DriveWorks - por exemplo: se uma lateral de uma tina tiver que ser dividida, esta divisão já deve constar no sub-assembly. Estes problemas só foram detetados durante o processo de desenvolvimento dos trabalhos. Como este problema apenas se verificou para algumas condições, sentiu-se sistematicamente a necessidade de redesenhar e de reprogramar. Podemos afirmar que este problema consumiu um tempo considerável da construção do modelo paramétrico.

Após a resolução destes problemas, o modelo 3D foi completamente desenvolvido e apresentou um desempenho adequado para a geração dos módulos pertencentes ao TTS. Em pelo menos um dos módulos não ocorreu a atualização da sub-montagem, problema este, que foi resolvido editando e fechando a feature. Dependendo do módulo que estamos a gerar, a criação do modelo 3D e desenhos em 2D pode chegar a demorar 25 a 30 minutos com um computador com características muito superiores as mínimas indicadas pela Solidworks.

Relativamente aos desenhos 2D, não foi possível a sua automatização por completo, devido às muitas configurações possíveis do equipamento. As cotas devem ser recolocadas porque em muitos casos, principalmente nos desenhos de montagem, ocorrem perdas de referências, e para os casos onde as dimensões são alteradas. Muitas vezes as cotas ficam fora da posição correta, implicando assim que o projetista tenha que trabalhar na recolocação destas. As cotas que perdem referência ficam sinalizadas com uma cor diferente da cota que não perde a referência, facilitando assim o trabalho ao projetista.

Todos estes problemas são contornáveis mas causam um acréscimo de tempo na geração dos desenhos 2D. No entanto estamos muito abaixo do tempo que se demoraria a fazer pelo método convencional. No entanto e de forma a se agilizar o processo, como em certos desenhos têm cotas que pertencerem a configurações do equipamento diferentes do que se está a criar, criou-se uma pequena macro que apaga todas as cotas sinalizadas com cor diferente.

Apesar de todo o trabalho extra de reposicionamento de cotas, o tempo médio para um equipamento de 3 estágios foi de aproximadamente 10 Horas, ou seja 20% do tempo que se demoraria pelo método convencional. Obteve-se um ganho de 80%, valor este que se encontra dentro da meta estipulada para este projeto que é de reduzir o tempo e os custo de projeto para menos 70 a 80%.

## **6.2. Problemas**

Quando se trabalha com elementos de chapa deve-se dar especial atenção às dimensões de chapa disponíveis no mercado. Assim quando foi efetuado o código do programa houve uma especial atenção para o aproveitamento de material. Contudo nem sempre este aproveitamento é máximo podendo assim o departamento de projeto efetuar algumas correções.

As listas de materiais não são totalmente automáticas, visto que ao colocar todos os pormenores (parafusos, porcas, etc) no desenho 3D fazemos com que este se torne demasiado pesado para o computador tornando-o lento.

É da responsabilidade do departamento de projeto após a criação dos módulos executar a montagem final e confirmar todos os pormenores

### 6.3. Aspetos de melhoria

Em muitos casos a continuidade das informações de um departamento para o outro é deficiente, causando assim perda de tempo e em alguns casos acarretando despesas por alterações que se têm que efetuar às peças já criadas e ao projeto. Desta forma a metodologia aqui apresentada tenta minimizar estas falhas de comunicação já que software visa a standarização dos equipamentos. Este sistema de parametrização só faz sentido ser aplicado em empresas que mantenham uma produção que se rege por regras standard, em que os produtos saem sempre iguais ou apenas com pequenas variações. No entanto esta afirmação para o caso da Solintellysys não é 100% correta, visto que todos os equipamentos mantêm a mesma forma mas em dimensões são todos diferentes. Assim com esta metodologia tenta-se criar o caminho para a obtenção de um produto 100% standard, e em que todos os departamentos da empresa se começam a reger pelas mesmas regras.

O emprego destes modelos paramétricos apresenta-nos as seguintes vantagens no projeto de um TTS:

- Criação automática de listas de materiais;
- Criação de desenhos 2D de forma quase automática;
- Criação do modelo 3D num curto espaço de tempo.

Se olharmos para os impactos causados por este processo na fabricação dos equipamentos obtêm-se os seguintes benefícios:

- Elaboração de orçamentos com maior precisão;
- Redução de custos na aquisição de materiais;
- Redução até 80% dos tempos de projeto;
- Elaboração dos desenhos 2D com uma redução de 80% do tempo;
- Eliminação de interferências ou erros detetados nos projetos futuros;
- Maior precisão e rapidez na elaboração das listas de materiais.

Todos os benefícios apresentados justificam a implementação deste sistema. Estes benefícios podem ser considerados como requisitos do sistema de parametrização. Com este sistema implementado deixa de ser necessário efetuar um pré cálculo e o modelo 3D é gerado pela parametrização. Estas mudanças promovem um cálculo mais detalhado que é utilizado diretamente no modelo 3D. Este cálculo é aproveitado para garantir que o orçamento que se vai dar ao cliente contenha um erro mínimo. Com a centralização dos dados no software paramétrico garante-se a fidedignidade da informação e gera-se uma sequência confiável para a criação de documentos técnicos, onde se pode incluir a compra de materiais e equipamentos.



## Capítulo 7

### 7. Conclusão

Após o término do estágio, é possível concluir-se que os objetivos estabelecidos inicialmente foram alcançados de forma positiva, pois além do desenvolvimento académico, resultou num contributo efetivo para a empresa.

O trabalho desenvolvido ao longo do estágio consistiu essencialmente na conceção de uma metodologia para a parametrização de um Túnel de tratamento de superfície utilizando sistemas CAD 3D paramétricos. Esta metodologia tem como objetivo reduzir o tempo total de elaboração do projeto, desenhos 2D e listas de materiais em até 80%, aperfeiçoar a aquisição de materiais e componentes devido à padronização das entradas de projeto e ainda criar bases de dados de projetos semelhantes para reuso em orçamentos. Com este aplicativo foram produzidos sistemas de geração de listas de materiais, relatórios de dados, desenhos 2D e modelos em 3D.

Os dados obtidos foram analisados e comparados com os dados do método convencional, e baseando-nos nesta comparação podem ser tiradas as seguintes conclusões:

- Podemos verificar que as peças, por vezes, perdiam as relações no modelo 3D;
- No caso da exaustão o modelo não pode ser considerado 100% automático porque o projetista tem que reposicionar o modelo na implantação 3D e ainda fazer o ajuste de algumas medidas;
- Para correr os aplicativos temos que dispor de um computador com grande capacidade de processamento;
- Os desenhos em 2D não se podem considerar 100% automáticos, uma vez que as cotas perdem as relações com a peça;
- As listas de material são apresentadas de forma clara e eficaz;
- Verificou-se uma redução do tempo médio de projeto na ordem dos 75%;
- Com este método padronizou-se o método de cálculo do TTS.

No que concerne à formação pessoal e de complemento da formação académica, este estágio foi um elemento muito importante e fundamental para a nossa formação, possibilitando a completa inserção numa empresa em crescimento, com objetivos e estratégias muito bem definidos. Permitiu o contacto com o mundo de trabalho exterior, com os problemas que nele surgem, bem como com os desafios que foram surgindo ao longo destes meses de estágio.

As situações enfrentadas possibilitaram a aquisição de competências técnicas que foram sendo desenvolvidas com o acompanhar de inúmeras intervenções nos diversos equipamentos. As dificuldades que foram surgindo, contribuíram para procura de resoluções dos problemas e alertando para possíveis necessidades futuras. Devo ainda referir a receção da equipa, a capacidade do trabalho em grupo e a partilha de saberes e experiências, que foram muito enriquecedoras ao longo do estágio.

## Capítulo 8

### 8. Referências Bibliográficas

DriveWorks. (2014). Retrieved from Help DriveWorks Solo:

<http://help.driveworkssolo.com/Topic/WritingRulesIntroduction>

Figueiredo, J. (2008). Pintura Electrostática.

*ProE Tutorials*. (2014, Setembro 4). Retrieved from

[http://www.proetutorials.com/tutorials\\_tdd/Tutorials.htm](http://www.proetutorials.com/tutorials_tdd/Tutorials.htm)

Remmers, V. (n.d.). Top-Down Design Tools. *Managing Complex Assemblies*.

Shah, J. J., & Mantyla, M. (1995). *Parametric and Feature based CAD/CAM*. John Wiley & Sons, Inc.

Solidworks. (2014, Agosto 28). *Dassault Systems*. Retrieved from

[http://help.solidworks.com/2011/english/SolidWorks/SWHelp\\_List.html?id=cffdce5f18774b6091b03f09854227e6#Pg0](http://help.solidworks.com/2011/english/SolidWorks/SWHelp_List.html?id=cffdce5f18774b6091b03f09854227e6#Pg0)

Solintellysys. (2014). Pintura electroestática.

Ullman, D. G. (2010). *The mechanical design process - Fourth edition*. Mc-Graw Hill.